

**PERBAIKAN PRODUKSI TANAMAN JAGUNG PADA TANAH
ULTISOL MENGGUNAKAN ABU TERBANG BATUBARA
DAN KOMPOS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

Oleh

RETNO WILUJENG



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN ILMU TANAH
MALANG
2018**

**PERBAIKAN PRODUKSI TANAMAN JAGUNG PADA TANAH
ULTISOL MENGGUNAKAN ABU TERBANG BATUBARA
DAN KOMPOS TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT**

Oleh

RETNO WILUJENG
145040201111276

**MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018**

PERNYATAAN

Dengan ini saya Retno Wilujeng menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi manapun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak dapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Mei 2018

Retno Wilujeng



LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Perbaikan Produksi Tanaman Jagung pada Ultisol
Menggunakan Abu Terbang Batubara dan Kompos
Tandan Kosong Kelapa Sawit

Nama Mahasiswa : Retno Wilujeng

NIM : 1450201111276

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Laboratorium : Biologi Tanah

Disetujui
Pembimbing Utama,

Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc., PhD.

NIP. 19520305 197903 1 004

Diketahui,
a.n Dekan
Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.

NIP19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II



Tanggal Lulus :.....



*Dengan menyebut nama Allah SWT., Skripsi
ini ku persembahkan untuk keluargaku tercinta:
Bapak Syam Antono dan Ibu Mulyanah
Serta cewow Nadjwa Intifada*

RINGKASAN

RETNO WILUJENG. 145040201111276. Perbaikan Produksi Tanaman Jagung Pada Ultisol Menggunakan Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit: Di bawah bimbingan Eko Handayanto.

Potensi Ultisol di Kalimantan Timur untuk pengembangan pertanian tanaman pangan dihadapkan pada kendala ketersediaan fosfor akibat rendahnya pH tanah dan tingginya kelarutan unsur aluminium (Al). Perbaikan kesuburan tanah dengan meningkatkan ketersediaan P dapat dilakukan dengan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), dan abu terbang batubara (ATB) Namun demikian, ketersediaan ATB dan KTKKS yang berlimpah belum pernah dimanfaatkan untuk perbaikan produktivitas Ultisol. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh kombinasi aplikasi abu terbang batubara (ATB) dan kompos tandan kosong kelapa sawit (KTKKS) terhadap ketersediaan fosfor pada Ultisol dari Kalimantan Timur dan produksi tanaman jagung.

Penelitian dilakukan di laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan rumah plastik di daerah Tlogomas pada bulan Juli 2017 - Juli 2018. Bahan penelitian yang digunakan adalah tanah (Ultisol Kalimantan Timur), kompos tandan kosong kelapa sawit (KTKKS), dan abu terbang batubara (ATB). Percobaan kombinasi ATB dan KTKKS terdiri atas 7 perlakuan dengan 3 ulangan. Penelitian dilakukan dalam 2 (dua) tahap, yaitu (1) percobaan inkubasi di laboratorium, dan (2) percobaan pertumbuhan tanaman jagung di rumah kaca. Percobaan tahap 1 (inkubasi di laboratorium) dilakukan dalam kondisi tidak tercuci (*non-leaching incubation*) berlangsung selama 42 hari. Pengamatan yang dilakukan meliputi (1) pH tanah tersedia diamati pada 0, 3, 7, 21, 42 hari setelah inkubasi (HSI), (2) P tanah tersedia diamati pada 0, 3, 7, 21, 42 HSI, dan (3) sifat kimia tanah pendukung: C-organik, P total, Al-dd diamati pada 42 HSI. Percobaan pertumbuhan di rumah kaca (tahap 2), dilakukan dengan menumbuhkan tanaman jagung dengan perlakuan yang sama dengan penlitin tahap 1. Tinggi tanaman diamati setiap minggu. Pada saat panen (umur 90 hari), diamati luas daun, berat kering brangkas (tajuk dan akar), berat jagung dengan tongkol, dan berat tongkol tanpa kelobot

Hasil inkubasi tanah menunjukkan terjadi penurunan kadar Al-dd pada tanah, peningkatan P-Total, dan P-Tersedia. Kombinasi aplikasi abu terbang batubara (ATB) dan kompos tandan kelapa sawit (KTKKS) tidak berpengaruh nyata pada pH tanah, C-Organik tanah dan kapasitas menahan air tanah. Hasil percobaan penanaman di rumah plastic menunjukkan pemberian ATB dan KTKKS tidak berpengaruh nyata pada parameter tinggi tanaman, luas daun 12 MST, berat brangkas, berat togkol berkelobot, dan berat tongkol tanpa kelobot.

SUMMARY

RETNO WILUJENG. 145040201111276. Improvement Production of Corn Plants In An Ultisol Soil by Using Coal Fly Ash and Compost Of Oil Palm Empty Fruit Bunch: Supervised by Eko Handayanto.

The potential of Ultisol soil, especially in East Kalimantan, for the development of food crop agriculture is faced with constraints on phosphorus availability due to low soil pH and high solubility of aluminum (Al). Enhancement of soil fertility by increasing the availability of P can be done with Oil Palm Empty Fruit Bunch (KTKKS), and coal fly ash (ATB). However, abundant availability of ATB and KTKKS has never been used to improve Ultisol productivity. The purpose of this study was to study the effect of a combination application of coal fly ash (ATB) and oil palm empty fruit bunches (KTKKS) on the availability of phosphorus in Ultisol from East Kalimantan and its impact on the production of corn.

The research was conducted in the Soil Biology laboratory, Faculty of Agriculture, Brawijaya University and plastic houses in the Tlogomas area in July 2017 - July 2018. The research materials used were soil (East Kalimantan Ultisol), oil palm empty fruit bunch compost (KTKKS), and fly ash. coal (ATB). The combination test of ATB and KTKKS consisted of 7 treatments with 3 replications. The research was carried out in 2 (two) stages, namely (1) incubation experiments in the laboratory, and (2) trial of the growth of corn plants in the greenhouse. Phase 1 experiments (incubation in the laboratory) carried out in non-leaching incubation took place for 42 days. Observations made included (1) available soil pH observed at 0, 3, 7, 21, 42 days after incubation (HSI), (2) available soil P was observed at 0, 3, 7, 21.42 HSI, and (3) chemical properties of supporting soil: C-organic, total P, Al-dd were observed at 42 HSI, growth experiments in the plastic house (stage 2), were carried out by growing maize plants with the same treatment as stage 1. The plant height was observed every week. At the harvest time (age 90 days), leaf area, dry weight of stover (canopy and root), corn weight with cob, and corn weight without cob were observed.

The results of soil incubation showed a decrease in Al-dd levels in the soil, an increase in P-Total, and P-Available. the combination application of coal fly ash (ATB) and oil palm bunches compost (KTKKS) did not have a significant impact on soil pH, and soil C-Organic. The results of the experiment in the plastic house showed that ATB and KTKKS were not significantly different in the parameters of plant height, leaf area of 12 MST, weight of stover, corn weight with cob, and corn weight without cob.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT atas limpahan Rahmat dan Hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Perbaikan Produksi Tanaman Jagung pada Ultisol Menggunakan Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit”**. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. PT. Indofood Sukses Makmur Tbk. Yang telah memberikan kesempatan menerima bantuan dana penelitian melalui program Indofood Riset Nugraha priode 2017-2018.
2. Prof. Ir. Eko Handayanto, M.Sc, Ph.D sebagai pembimbing utama skripsi yang telah memberikan banyak bimbingan dan masukan kepada penulis.
3. Seluruh keluarga, Bapak Syam Antono, Ibu Mulyanah, dan adik Najwa Intifadha yang selalu memotivasi, mendoakan, dan mendukung penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
4. Dr Gusti Irya Ihcriani dan Dr Fahrunsyah sebagai pembimbing lapangan untuk pengambilan ATB, tanah dan TKKS.
5. Mas Achmad Jauhar Arifin, mbak siska, mbak Reni, dan ka Putri atas bantuannya
6. Pengabdi bangil (Queen bangil Hamoqitsi, Mr.Oogway Leli, Dita Cantik, Kacung Norma, Riris, dan Prince Rega); DumdumXBygil (dinda, Lisa).
7. Keluarga Besar MSDL Universitas Brawijaya (khususnya Doni, Dwibag, Firman, Husna, dan MSDL 2014) yang juga telah turut membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan mengerjakan skripsi.
8. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang turut membantu dan meberikan semangat dalam penyusunan skripsi.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik saran yang membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan untuk perbaikan dalam penyusunan. Semoga hasil dari penulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Juli 2018

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta Pada Tanggal 25 Juli 1996 sebagai anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Syam Antono dan Ibu Mulyanah. Penulis Menempuh pendidikan formal di SDN Kebon Baru 06 Kelurahan Kebon Baru, Kecamatan Tebet, Jakarta Selatan Pada Tahun 2002 dan selesai pada tahun 2008. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 73 Jakarta pada tahun 2008 dan selesai pada tahun 2011. Pada Tahun 2011 hingga tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan sekolah menengah atas di SMAN 53 Jakarta. Kemudian pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Laboratorium Biologi Tanah, Minat Manajemen Sumber Daya Lahan, Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang melalui jalur SNMPTN atau Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negri.

Selama menjadi Mahasiswa, penulis aktif di organisasi intra kampus Eksekutif Mahasiswa Universitas Brawijaya Malang sebagai staff dari Kementrian Ekonomi. Selain itu penulis juga aktif dalam kepanitiaan Pasar Brawijaya Pada Tahun 2015 dan tahun 2016, Entrepreneur Fest Pada Tahun 2015, Agriculture Vaganza pada tahun 2015 dan tahun 2016, Brawijaya Market Festival pada tahun 2016, Brawijaya Ekonomi Award (BEA) pada tahun 2016, Brawijaya Young Entrepreneur Olimpiad (BEYOND) pada tahun 2016, Brawijaya Business School (BBS) pada tahun 2016, Lingkar Kewirausahaan Universitas Brawijaya pada tahun 2016, Pasca GATRAKSI pada tahun 2016 dan GATRAKSI pada tahun 2017. Penulis melakukan kegiatan magang di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Karangploso, Malang, Jawa Timur. Penulis mengikuti program penelitian kerjasama dengan PT. Indofood Sukses Makmur Tbk melalui program Indofood Riset Nugraha periode 2017-2018.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1. Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.4. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1.5. Hipotesis	Error! Bookmark not defined.
1.6. Alur Pikir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Ultisol.....	Error! Bookmark not defined.
2.2. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).....	Error! Bookmark not defined.
2.3. Abu Terbang Batubara (ATB)	Error! Bookmark not defined.
2.4. Fosfor	Error! Bookmark not defined.
2.5. Jagung	Error! Bookmark not defined.
III. METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2. Bahan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3. Rancangan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4. Pengamatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5. Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1. Pengaruh Kombinasi Aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Ketersediaan Fosfor Pada Tanah Ultisol	Error! Bookmark not defined.
4.2. Peranan Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Pada Ultisol.....	Error! Bookmark not defined.
V. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1. KESIMPULAN	Error! Bookmark not defined.
5.2. SARAN	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.

LAMPIRAN Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan kimia abu terbang batubara secara umum	Error! Bookmark not defined.
2.	Karakteristik Tanah, Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), dan Abu Terbang Batubara (ATB) yang digunakan dalam penelitian.	Error! Bookmark not defined.
3.	Kombinasi perlakuan dosis aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), dan Abu Terbang Batubara (ATB)	Error! Bookmark not defined.
4.	Perhitungan Jumlah Tanah, ATB dan KTKKS yang diperlukan	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2.	Bentuk ion-ion fosfat sesuai dengan pH larutan	Error! Bookmark not defined.
3.	Lokasi pengambilan sampel Ultisol, abu terbang batubara dan tandan kosong kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian.	Error! Bookmark not defined.
4.	Percobaan inkubasi di laboratorium	Error! Bookmark not defined.
5.	Kadar C-Organik pada 42 HSI.....	Error! Bookmark not defined.
6.	pH Tanah Selama Inkubasi	Error! Bookmark not defined.
7.	Kadar P-Total 42 HSI	Error! Bookmark not defined.
8.	Kadar P-Tersedia pada tanah inkubasi.....	Error! Bookmark not defined.
9.	Kadar Al-dd pada Akhir Inkubasi.....	Error! Bookmark not defined.
10.	Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman Jagung	Error! Bookmark not defined.
11.	Histogram Rerata Luas Daun pada 12 MST	Error! Bookmark not defined.
12.	Histogram Rerata Berat Brangkasan Tajuk Tanaman Jagung	Error! Bookmark not defined.
13.	Histogram Rerata Berat brangkasan Akar Tanaman Jagung	Error! Bookmark not defined.
14.	Histogram Rerata Berat Tongkol Berkelobot pada Tanaman Jagung	Error! Bookmark not defined.
15.	Histogram Rerata Berat Tongkol Tanpa Kelobot	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Lokasi penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
2.	Rancangan Percobaan Inkubasi Tanah	Error! Bookmark not defined.
3.	Rancangan Percobaan di Rumah Kaca	Error! Bookmark not defined.
4.	Perhitungan dosis pupuk dasar dan pupuk perlakuan	Error! Bookmark not defined.
5.	Analisis Ragam	Error! Bookmark not defined.
6.	Dokumentasi Kegiatan.....	Error! Bookmark not defined.
7.	Deskripsi jagung manis varietas Talenta	Error! Bookmark not defined.



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ultisol merupakan jenis tanah utama dengan lahan produktivitas rendah di Kalimantan, Sumatera, Papua dan Sulawesi, yang memiliki luasan hampir 45,8 juta ha atau sekitar 25% dari luas daratan (Sudaryono, 2009). Ditinjau dari luasannya, Ultisol berpotensi untuk mendukung perluasan pengembangan pertanian di Indonesia. Namun, produktivitas Ultisol umumnya sangat rendah. Hal ini karena Ultisol memiliki kemasaman yang relatif tinggi (rata-rata $\text{pH} < 4,5$), kejenuhan Al tinggi yang dapat mencapai $>60\%$ (Ohta *et al.*, 1993), miskin kandungan hara makro terutama K, Ca dan Mg, akibat pencucian yang intensif serta ketersediaan unsur P yang rendah karena fiksasi (Hilman *et al.*, 2007). Selain itu, kandungan bahan organiknya rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Perbaikan produktivitas Ultisol sebenarnya dapat dilakukan dengan penambahan pupuk anorganik ke dalam tanah. Namun, keterbatasan kondisi sosial ekonomi masyarakat petani pada umumnya kurang beruntung untuk dapat menikmati penggunaan pupuk. Selain itu rendahnya kandungan bahan organik tanah pada Ultisol menyebabkan rendahnya kapasitas penyangga tanah sehingga efisiensi penggunaan pupuk menjadi rendah. Salah satu usaha yang telah banyak dilakukan petani adalah dengan pemberian bahan organik, baik berupa pupuk kandang dan sisa panen. Telah diketahui bahwa bahan organik mempunyai dua fungsi utama, yakni secara langsung menyediakan unsur hara melalui proses dekomposisi, dan secara tidak langsung menambah kadar bahan organik tanah yang dapat memperbaiki sifat fisik tanah serta mengatur penyediaan unsur hara di kemudian hari (Handayanto *et al.*, 1994). Hasil penelitian Minardi *et al.* (2007) menunjukkan bahwa pemberian bahan organik *Gliricidia sepium*, mampu meningkatkan ketersediaan P tersedia sebesar 53,61% pada tanah masam. Wahyudi *et al.* (2010) menyatakan bahwa pemberian kompos *Gliricidia* dan *Tithonia* menurunkan konsentrasi Al_{dd} , meningkatkan kadar $\text{Al}_{\text{chelate}}$, meningkatkan pH tanah, meningkatkan P tersedia, dan meningkatkan serapan P

tanaman jagung yang ditanam pada tanah Ultisol. Namun demikian, jenis bahan organik yang populer di masyarakat, misalnya sisa tanaman legum tersebut di atas ketersediaannya sangat terbatas dan harus berkompetisi untuk pakan ternak.

Memperhatikan permasalahan di atas perlu diupayakan penggalan sumber-sumber bahan organik lain yang banyak tersedia di wilayah yang didominasi oleh Ultisol, yaitu limbah proses produksi minyak sawit yang berupa tanda kosong kelapa sawit (TKKS). Telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa aplikasi TKKS pada Ultisol, baik sebagai mulsa, biomasa segar maupun kompos, meningkatkan produksi tanaman pangan. Hasil penelitian Ariani (2009) menunjukkan bahwa aplikasi 250 kg mulsa TKKS /ha pada tanaman cabai dapat meningkatkan >50% produksi buah cabai dibandingkan tanaman cabai dengan mulsa jerami dan sekam padi. Pemberian kompos TKKS juga dapat meningkatkan hasil bobot kering biji kedelai dengan perlakuan kompos sebanyak 20 ton ha⁻¹ (Ermadani dan Muzar, 2011).

Disamping sifat kimia, pemanfaatan Ultisol untuk pengembangan pertanian juga dihadapkan pada masalah sifat fisik tanah yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Yulnafatmawita *et al.* (2014), melaporkan bahwa Ultisol mempunyai kandungan liat yang tinggi (>70%). Tingginya kandungan liat akan menyebabkan lebih banyak pori mikro dibanding pori makro sehingga membatasi aerasi tanah dan daya resap air sehingga menyulitkan akar berkembang untuk mendapatkan oksigen dan elemen hara (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Upaya perbaikan sifat fisik dapat dilakukan dengan aplikasi bahan organik, baik berupa bahan organik segar, biochar, maupun kompos. Salah satu bahan limbah yang berlimpah yang diharapkan juga dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik Ultisol adalah Abu Terbang Batubara (ATB) yang banyak dihasilkan dari pembakaran batubara di Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dan di industri yang berbahan bakar batubara. Jumlah ATB yang dihasilkan di Indonesia menurut Aziz *et al.* (2006) untuk tahun 1996 sebanyak 0,25 juta ton dan tahun 2000 sebanyak 1,41 juta ton. Perkiraan jumlah ATB yang dihasilkan Indonesia pada tahun 2006 yaitu 1,7 juta ton dan tahun 2009 sebanyak 2,78 juta ton. Belum diperoleh data terkini mengenai ATB yang dihasilkan di

Indonesia, namun seiring dengan pesatnya pembangunan PLTU yang berbahan bakar batubara, maka diperkirakan terjadi peningkatan ATB yang dihasilkan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 85 tahun 1999 Peraturan Pemerintah No. 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, abu terbang batubara diklasifikasikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) karena memiliki kandungan logam berat, sehingga penggunaannya harus sesuai dengan ketentuan tersebut. ATB merupakan campuran mineral amorfos ferroaluminosilikat yang berasal dari pembakaran batubara pada temperatur 400 – 1500 °C. Umumnya berupa partikel halus, gelas dan berpori dengan berat jenis berkisar dari 2,1 – 2,6 g/cm³, partikelnya sangat halus dengan diameter rata-rata kurang dari 10 µm, area/luas permukaan tinggi dan tekstur ringan (Jala, 2005). Sifat kimia dan mineralogi abu batubara bergantung pada komposisi batubara asal, kondisi selama pembakaran batubara, penyimpanan dan penanganan abu serta iklim.

Abu terbang batubara tersusun atas partikel yang sangat halus, dengan diameter rata-rata <10 µm, digabungkan ke dalam partikel bola berukuran 0,01-100 µm yang merupakan bola berongga (cenospheres) yang diisi partikel amorf atau kristal kecil (pelospheres) (Jala dan Goyal, 2006). Abu terbang batubara umumnya memiliki tekstur lempung berdebu dengan 65-90% partikel memiliki diameter kurang dari 0,010 mm (Pandey dan Singh, 2010; Nyambura *et al.*, 2011). Inthasan *et al.* (2002), menganalisis unsur-unsur dalam ATB dan mendapatkan bahwa ATB mempunyai 17% Si, 11% Fe, 9,8% Al, 6,4% Ca, 1,4% K, 1,2% Mg dan 0,4% Na. Selain itu ATB juga mengandung unsur-unsur mikro dan logam berat yaitu 582 ppm Mn, 53 ppm Ni, 34 ppm Co, 67 ppm Cr dan 20 ppm Mo.

Berdasarkan sifat-sifat fisika dan kimia abu batubara tersebut, abu batubara digunakan untuk memperbaiki tanah asam dan basa serta memperkaya tanah. Dengan ukuran partikel yang kecil, abu batubara dapat memperbaiki tekstur tanah, serta meningkatkan porositas dan kapasitas penyimpanan air. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Aggarwal *et al.* (2009) di India menunjukkan bahwa penggunaan ATB pada tanah dapat memodifikasi sifat fisika dan kimia tanah serta meningkatkan pertumbuhan dan produksi gandum dan sorgum. Menurut Basu *et al.* (2009), ATB

berpotensi dalam pertanian karena kemampuan efikasi dalam memodifikasi kesehatan tanah dan keragaan tanaman. Tingginya konsentrasi beberapa unsur dalam ATB dapat meningkatkan hasil beberapa komoditi tanaman pangan. Namun, penggunaan ATB untuk pertanian masih sangat terbatas. Karena ATB mengandung sedikit N atau tanpa N dan karbon organik, serta P dalam ATB tidak tersedia untuk tanaman, maka penggunaan campuran ATB sebagai bahan pembenah tanah sebaiknya dicampur dengan pupuk kandang atau limbah organik lainnya akan lebih baik (sharma *et al.*, 2014). Hasil penelitian Wardhani *et al.* (2012) menunjukkan bahwa komposisi 75% tanah dicampur dengan 25% abu batubara dan 50% tanah dicampur dengan 50% abu batubara menyebabkan terjadi percepatan pertumbuhan yang melebihi kontrol pada tanaman tomat dan tidak terjadi gejala toksifikasi pada tanaman tomat tersebut sehingga abu batubara dapat dimanfaatkan sebagai media tanam.

Berdasarkan uraian di atas, maka kombinasi aplikasi abu terbang batubara dan tandan kosong kelapa sawit dalam bentuk kompos dapat digunakan sebagai salah satu teknologi yang murah dan mudah untuk peningkatan produktifitas Ultisol melalui peningkatan ketersediaan fosfor dalam tanah.

1.2. Rumusan Masalah

1. Apakah pemberian kombinasi aplikasi abu terbang batubara dan kompos tandan kelapa sawit dapat meningkatkan ketersediaan fosfor pada Ultisol?
2. Apakah pemberian kombinasi aplikasi abu terbang batubara (ATB) dan kompos tandan kelapa sawit (KTKKS) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada Ultisol?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mempelajari pengaruh kombinasi aplikasi abu terbang batubara dan kompos tandan kelapa sawit terhadap ketersediaan fosfor pada tanah Ultisol
2. Mempelajari pengaruh kombinasi aplikasi abu terbang batubara dan kompos tandan kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada tanah Ultisol

1.4. Manfaat Penelitian

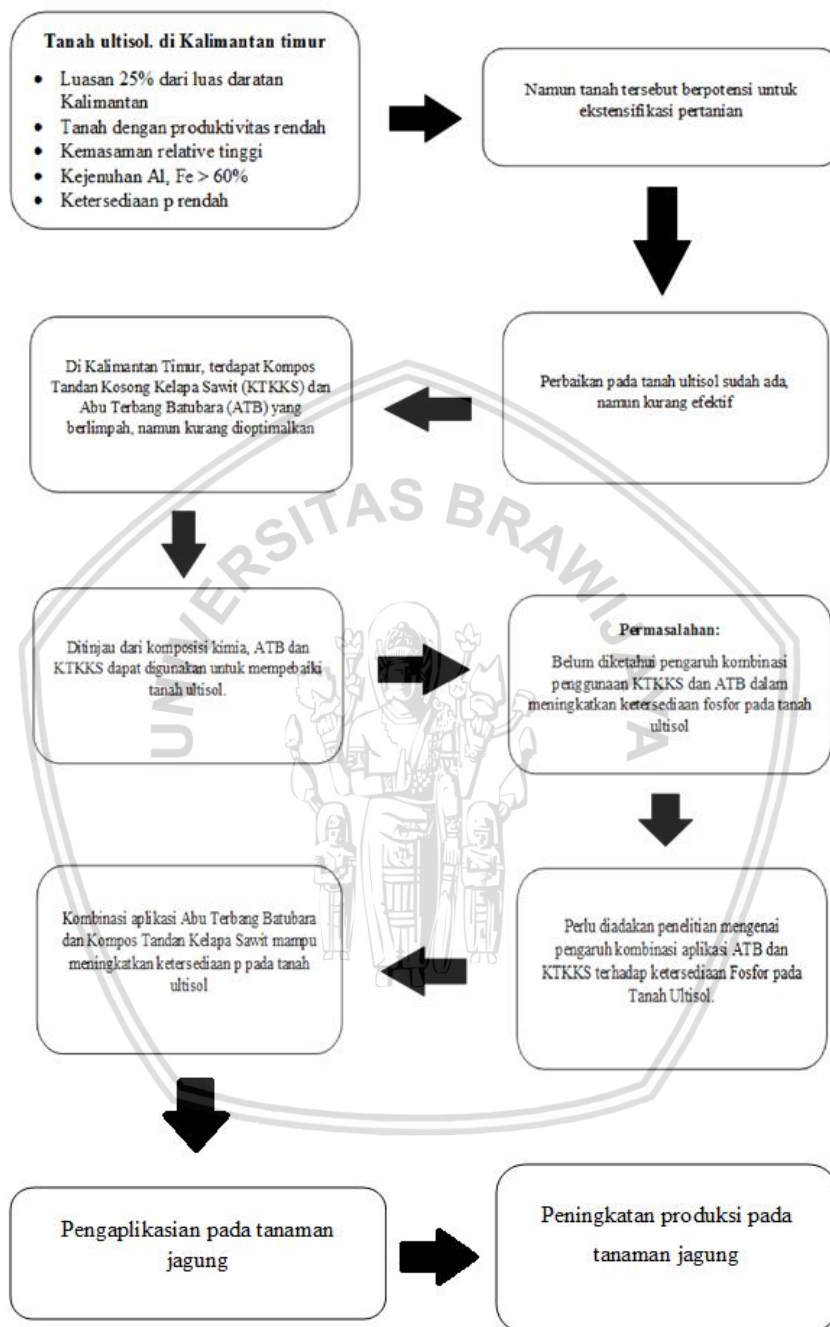
Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi tentang Teknologi pemanfaatan abu terbang batubara dan tandan kosong kelapa sawit untuk meningkatkan kesuburan tanah Ultisol guna meningkatkan produksi tanaman pangan.

1.5 Hipotesis

1. pemberian kombinasi aplikasi abu terbang batubara dan kompos tandan kelapa sawit dapat meningkatkan ketersediaan fosfor pada tanah Ultisol
2. pemberian kombinasi aplikasi abu terbang batubara (ATB) dan kompos tandan kelapa sawit (KTKKS) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada tanah Ultisol



1.6. Alur Pikir Penelitian



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ultisol

Ultisol merupakan jenis tanah yang mempunyai penyebaran sangat luas di Indonesia. Diperkirakan luas tanah ini mencapai hampir 45,8 juta ha atau sekitar 25% dari luas daratan Indonesia (Sudaryono, 2009). Sebagian besar tanah itu terdapat di Kalimantan, Sumatera, Papua dan Sulawesi. Ultisol dapat berkembang dari berbagai bahan induk, namun sebagian besar bahan induk tanah ini adalah batuan sedimen masam (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Sifat batuan sedimen masam bervariasi karena pembentukannya bergantung pada sifat alami bahan pembentuknya, proses atau model pengendapan dan kondisi lingkungan daerah pengendapan. Profil tanah Ultisol dicirikan oleh adanya peningkatan dan akumulasi liat pada lapisan tanah bawah permukaan sehingga membentuk horizon argilik. Oleh karena itu untuk klasifikasi tanah Ultisol secara sederhana adalah berdasarkan nilai kejenuhan basa tanah $<35\%$ dan keberadaan horizon argilik (Soil Survey Staff, 2014). Ditinjau dari luasan, Ultisol berpotensi untuk mendukung perluasan pengembangan pertanian di Indonesia.

Untuk digunakan dalam pengembangan pertanian, khususnya tanaman pangan, Ultisol memiliki kendala sifat kimia dan sifat fisika tanah. Pada umumnya Ultisol memiliki kemasaman yang relatif tinggi (rata-rata $\text{pH} < 4,5$), kejenuhan Al tinggi yang dapat mencapai $>60\%$ (Ohta *et al.*, 1993), miskin kandungan hara makro terutama K, Ca dan Mg, karena pencucian yang intensif (Ermadani dan Muzar, 2011), ketersediaan unsur P yang rendah karena fiksasi (Hilman *et al.*, 2007), dan kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi (Prasetyo dan

Suriadikarta, 2006). Kelarutan Al yang tinggi menyebabkan tanaman yang ditanam pada tanah Ultisol berpotensi mengalami keracunan Al (Sudaryono, 2009). Selain itu, kelarutan Al yang tinggi menyebabkan terjadinya fiksasi P sehingga P tidak tersedia bagi tanaman (Herviyanti *et al.*, 2012). Fiksasi terhadap unsur P tinggi rata-rata sekitar 56,88% sehingga menyebabkan P-tidak larut juga tinggi yaitu 151-549 mg Kg^{-1} tanah dan P-tersedia menjadi rendah hanya sekitar 3,40-19,0 mg Kg^{-1} P-Olsen

serta memiliki kadar bahan organik menjadi rendah $< 2\%$ (Hilman *et al.*, 2007). Disamping sifat kimia, pemanfaatan Ultisol juga dihadapkan pada masalah sifat fisik tanah yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Yulnafatmawita *et al.* (2014), melaporkan bahwa Ultisol mempunyai kandungan liat yang tinggi ($>70\%$). Tingginya kandungan liat akan menyebabkan lebih banyak pori mikro dibanding pori makro sehingga membatasi aerasi tanah dan daya resap air sehingga menyulitkan akar berkembang untuk mendapatkan oksigen dan unsur hara. (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Upaya mengatasi kendala rendahnya ketersediaan P dan tingginya kelarutan Al pada Ultisol telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti di Indonesia. Wahyudi *et al.* (2010) menyatakan bahwa pemberian kompos *Gliricidia* dan *Tithonia* secara nyata menurunkan konsentrasi Al_{dd} , meningkatkan kadar Al_{khl} , meningkatkan pH tanah, meningkatkan P tersedia, dan meningkatkan serapan P tanaman jagung umur 45 hari yang ditanam pada tanah Ultisol. Tingginya kandungan Al_{dd} dan tingginya jerapan P, pada tanah-tanah masam juga dapat dikurangi melalui khelasi senyawa humik (Winarso *et al.*, 2009). Aplikasi kompos sisa tanaman kacang tanah, ekstrak sisa tanaman padi dan kacang tanah dilaporkan dapat menurunkan kelarutan Al dan meningkatkan ketersediaan P pada Ultisol dari Sulawesi Selatan (Kasifah *et al.*, 2014 a,b).

2.2. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

2.2.1. Komposisi Kimia TKKS

Tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu bentuk biomasa tanaman kelapa sawit, selain batang, daun dan minyak kelapa sawit. Dalam proses produksi minyak kelapa sawit menghasilkan limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat terdiri atas TKKS, cangkang, serabut, lumpur, dan bungkil. Hasil samping pengolahan kelapa sawit dan kernel menghasilkan limbah cair (*mill effluent*) dan limbah gas dihasilkan dari gas buangan dan uap air dari pabrik pengolahan minyak kelapa sawit (Prayitno *et al.*, 2008). Pengolahan 1 ton tandan buah segar (TBS) bisa menghasilkan 220 kg TKKS, 670 kg limbah cair, 120 kg serat *mesocarp*, 70 kg

cangkang, dan 30 kg *palm kernel cake*. Dengan demikian untuk setiap ton TBS yang diolah akan dihasilkan sekitar 22% TKKS. Pesatnya perkembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menyebabkan produksi TBS kelapa sawit juga meningkat dengan drastis, dan seiring dengan itu TKKS yang dihasilkan juga meningkat. Sebagai gambaran, TKKS yang dihasilkan Indonesia pada tahun 2010 sebanyak 5.050.367,6 ton dan pada tahun 2011 sebanyak 5.176.842,53 ton (Fathimah *et al.*, 2014). Hal ini berarti dalam satu tahun terjadi peningkatan TKKS yang dihasilkan sebanyak 126.474,93 ton atau 2,50 %. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan bahan yang mengandung unsur N, P, K dan Mg. TKS sangat potensial dimanfaatkan sebagai kompos karena jumlahnya yang melimpah dan kadar haranya yang tinggi (Yunindanova *et al.*, 2013). KKS mengandung 139,35 mg K_2O/kg ; 47,5 mg PO_4^{3-}/kg ; 146,15 mg CaO/kg ; 1,68 mg MgO/kg (Udoetok, 2012) dengan rasio C/N 45-55. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kompos TKKS mengandung 1,91-2,38% N total; 0,54% P; 1,51- 2,13% K; 0,18 - 0,83% Ca; 0,09 - 0,17% Mg; 31,01-51,23% C organik; pH 7,02-7,13; 0,59% Fe; 0,50% Na; 84,24 ppm P-tersedia; dan KTK sebesar 52,13 me/100 g (Elfiati dan Siregar, 2010; Ichriani *et al.*, 2012).

2.2.2. Pemanfaatan TKKS dalam Pertanian

Di bidang pertanian, umumnya TKKS dimanfaatkan sebagai mulsa dan dijadikan kompos untuk memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman. Aplikasi kompos TKS juga berpengaruh terhadap perbaikan sifat kimia tanah utamanya pada perimbangan Mg/K dan peningkatan KTK tanah. Prayitno *et al.* (2008), menyatakan bahwa bagi perkebunan kelapa sawit, pemanfaatan TKKS dapat menghemat penggunaan pupuk sintetis sampai dengan 50%. Hasil penelitian Budianta *et al.* (2010), menggunakan sampel tanah Ultisol dari Stasiun Penelitian Karet Sembawa, Sumatra Utara melaporkan bahwa aplikasi kompos kelapa sawit pada dosis 21 t/ha menurunkan kelarutan Al 40,6% dan fraksi Al-P 32,5%, serta meningkatkan ketersediaan P 73,8%, penyerapan P 198% dan bahan kering kedelai sebesar 50% dibanding kontrol. Pemberian dosis kompos yang sama yang disertai dengan pemberian pupuk P dengan dosis 36, 72 dan 108 kg P ha⁻¹ meningkatkan bahan kering

tanaman masing-masing 20,3%, 50,4% dan 50,4%. Pada umumnya dihasilkan interaksi positif terhadap peningkatan bahan kering dan penyerapan P oleh kedelai ketika kompos kelapa sawit dikombinasikan dengan pupuk P.

2.3. Abu Terbang Batubara (ATB)

2.3.1. Karakter Fisik dan Kimia

Abu terbang didefinisikan sebagai butiran halus hasil residu pembakaran batubara atau bubuk batubara. Abu terbang hasil pembakaran merupakan hasil penguraian mineral silikat, sulfat, sulfida, karbonat, dan oksida yang terdapat dalam batubara. Secara umum, abu terbang terbentuk dari pembakaran mineral kaolin/monmorilonit, gipsum, pirit, jarosit, ilit, kalsit, siderit, limonit, dan ankerit. Pembakaran batubara di pembangkit listrik berlangsung pada suhu antara 1.100 - 1.500 °C, atau pada suhu oksidasi dan reduksi. Pada kondisi ini akan terjadi perubahan secara kimia dan fisika, sehingga komposisi abu sisa pembakaran akan jauh berbeda dengan komposisi mineral aslinya. Abu tersebut merupakan campuran partikel dengan komposisi yang sangat kompleks (Kurniawan *et al.*, 2010). Abu terbang batubara tersusun atas partikel yang sangat halus, dengan diameter rata-rata <10 µm, digabungkan ke dalam partikel bola berukuran 0,01-100 µm yang merupakan bola berongga (cenospheres) yang diisi partikel amorf atau kristal kecil (pelospheres) (Jala dan Goyal, 2006). Abu terbang batubara umumnya memiliki tekstur lempung berdebu dengan 65-90% partikel memiliki diameter kurang dari 0,010 mm (Pandey dan Singh, 2010; Nyambura *et al.*, 2011).

Secara umum, karakter fisik abu terbang dapat dilihat dari ukuran, bentuk, serta warna partikel. Ukuran partikel abu terbang bervariasi, tergantung pada jenis batubara serta kinerja boiler. Pada umumnya partikel abu terbang berbentuk bulat (*spherical*) dengan ukuran berkisar antara 0,5 - 100 µm. Ukuran partikel abu terbang batubara jenis sub bituminous pada umumnya lebih kecil dari abu terbang batubara jenis bituminous (Kurniawan *et al.*, 2010). Umumnya abu terbang batubara berwarna abu-abu dan bervariasi sampai hitam. Warna abu terbang ini dipengaruhi oleh waktu pembakaran pada tungku (Kurniawan *et al.*, 2010). Inthasan *et al.* (2002), menganalisis unsur-unsur

dalam ATB dan mendapatkan bahwa ATB mempunyai 17% Si, 11% Fe, 9,8% Al, 6,4% Ca, 1,4% K, 1,2% Mg dan 0,4% Na. Selain itu ATB juga mengandung unsur-unsur mikro dan logam berat yaitu 582 ppm Mn, 53 ppm Ni, 34 ppm Co, 67 ppm Cr dan 20 ppm Mo. Secara umum kandungan kimia abu terbang batubara ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan kimia abu terbang batubara secara umum

Komponen (%)	Jenis Batubara		
	Bituminous	Sub Bituminous	Lignite
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4
LOI	0-15	0-3	0-5

Sumber : Kurniawan *et al.*, 2010

2.3.2. Pemanfaatan Abu Terbang Batubara sebagai Bahan Pembenah Tanah

Abu terbang batubara dapat digunakan digunakan untuk mereklamasi tanah-tanah bermasalah. Hasil penelitian Sharma and Kalra (2006) menunjukkan bahwa pemberian ATB pada tanah cenderung menghasilkan berat isi lebih rendah sehingga meningkatkan porositas tanah, meningkatkan air tersedia, dan meningkatkan produksi tanaman jagung, sorgum dan gandum walaupun menunjukkan kecenderungan akumulasi unsur seperti B, Mo dan Al. Perbaikan pertumbuhan dan produksi tanaman akibat aplikasi ATB akan menjadi lebih baik jika dikombinasikan dengan pupuk N (Aggarwal *et al.*, 2009). Hermawan *et al.* (2014) melaporkan bahwa campuran abu terbang batubara (ATB) dan kotoran ayam dapat digunakan sebagai amelioran untuk meningkatkan ketersediaan P pada Ultisol melalui peningkatan pH dan muatan negatif tanah.

Penelitian yang dilakukan Mahale *et al.* (2012), dengan perlakuan pencampuran 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60% ATB pada tanah menunjukkan bahwa pemberian

ATB mempercepat perkecambahan tanaman, sebaliknya tanpa pemberian ATB perkecambahan menjadi lambat. Namun demikian kecepatan perkecambahan gandum menurun dengan meningkatnya rasio aplikasi. Hal ini kemungkinan disebabkan meningkatnya konsentrasi unsur mikro seperti Cd, Cu, Pb, Mn, Zn dan lain-lain. Hal ini didukung data hasil penelitian yang menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan unsur esensial yang terserap oleh tanaman seiring dengan makin meningkatnya rasio pemberian ATB.

Hasil penelitian yang dilakukan di Pontianak Kalimantan Barat, menggunakan media tanam tanah gambut dengan perlakuan pemberian ATB dan jenis tanaman sawi menunjukkan bahwa 1) pemberian ATB dapat meningkatkan pH tanah gambut, dan 2) tanaman sawi yang ditanam pada tanah gambut yang diberi ATB relatif aman dikonsumsi dengan indikasi tidak adanya kandungan logam berat Cd pada jaringan tanaman (Syafitri *et al.*, 2013). Wardhani *et al.* (2012) yang melakukan penelitian pencampuran ATB dengan tanah melaporkan bahwa komposisi 75% tanah dengan 25% ATB dan komposisi 50% tanah dan 50% ATB menyebabkan terjadinya percepatan pertumbuhan yang melebihi kontrol pada tanaman tomat dan tidak terjadi gejala toksifikasi pada tanaman tomat tersebut sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media tanam. Hermawan *et al.* (2013) melaporkan bahwa ATB dan kotoran ayam mempunyai karakteristik yang dapat menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P. Komposisi campuran 50% ATB + 50% kotoran ayam memberikan nilai jerapan P terendah. Lebih lanjut Hermawan *et al.* (2014), melaporkan bahwa campuran ATB – kotoran ayam dapat digunakan sebagai amelioran untuk menurunkan jerapan P dan meningkatkan ketersediaan P pada Ultisol melalui peningkatan pH dan muatan negatif tanah. Jerapan P minimum sebesar 127,07 mg kg⁻¹ dan P tersedia maksimum sebesar 102,21 mg kg⁻¹ diperoleh pada dosis ATB- kotoran ayam sebesar 42,64 ton ha⁻¹ dan pupuk P dosis 261 kg P₂O₅ ha⁻¹.

2.4 Fosfor

Fosfor merupakan salah satu hara makro esensial bagi pertumbuhan tanaman. Fosfor merupakan komponen penting dalam penyusunan senyawa untuk transfer energi

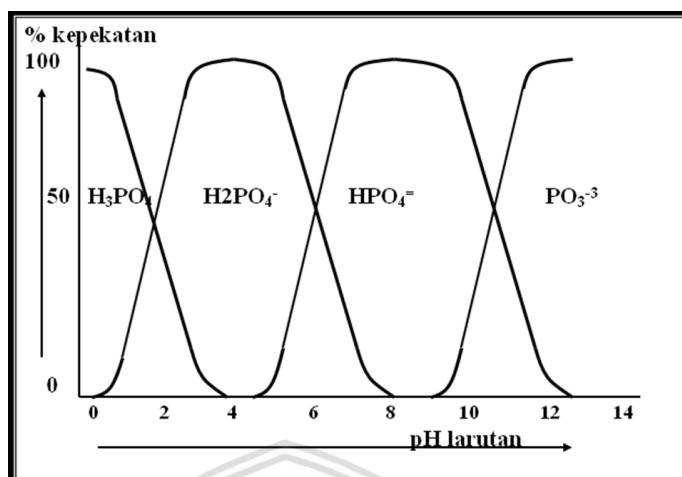
(ATP), sistem informasi genetik (DNA dan RNA), pembuatan membran sel (fosfolipid), dan fosforprotein (Lambers *et al*, 2008).

Sebagian besar dari fosfor tanah bersumber dari pelapukan batuan dan mineral-mineral pada kerak bumi yang mengandung fosfor. Sumber fosfor alam yang dikenal mempunyai kadar P adalah batuan beku dan batuan endapan (sedimen), dimana bahan mineralnya mengandung apatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4, \text{CO}_3)_6(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_2$). Mineral ini memiliki kadar P_2O_5 yang berkisar antara 15-30%. Mineral ini sangat sukar larut dalam air dan tidak tersedia bagi tanaman (Arinong, 2013).

Bentuk P dalam tanah dibagi menjadi dua kategori, yaitu P organik dan P anorganik (Fahmi *et al*, 2010). Menurut Syekhfani (2012), fosfor organik dijumpai dalam bentuk asam nukleat, fosfolipid, fitin dan derivatifnya. Fosfor anorganik umumnya dijumpai sebagai:

Senyawa	Rumus	Kelarutan
Fluor-apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}$	sukar larut
Karbonato-apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaCO}_3$	
Hidroksi-apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$	
Oksi-apatit	$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaO}$	
Trikalsium-fosfat	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	
Dikalsium-fosfat	CaHPO_4	
Monokalsium-fosfat	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	

Tanaman menyerap P dalam bentuk ortofosfat primer (H_2PO_4) dan sebagian kecil dalam bentuk ortofosfat sekunder (HPO_4) (Barker dan Pilbeam, 2007). Bentuk ion-ion tersebut sangat ditentukan oleh pH tanah (gambar). Pada pH rendah, ion $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$ dominan di dalam tanah, sedangkan pada pH tinggi, ion HPO_4^{2-} dominan. Jumlah ion $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$ dan HPO_4^{2-} berimbang pada kondisi netral, sehingga banyak pendapat bahwa pH netral merupakan kondisi terbaik bagi ketersediaan fosfat (Syekhfani, 2012).



Gambar 1. Bentuk ion-ion fosfat sesuai dengan pH larutan

Kekahatan unsur hara P adalah masalah yang umum pada hampir semua jenis tanah (Fahmi *et al*, 2010). Pada tanah masam, kelarutan kation-kation Al, Fe, Mn, Cu, Zn relative tinggi. Ion fosfor sangat mudah bereaksi dengan kation-kation tersebut membentuk ikatan kompleks yang mengendap dan sukar tersedia di dalam tanah. Ikatan ion P dengan besi, aluminium dan mangan akan membentuk mineral strengit, varasit, dan manganifosfat yaitu bentuk-bentuk fiksasi fosfat utama pada tanah-tanah masam (Syekhfani, 2012).



larut (tersedia)

tidak larut (tidak tersedia)

Dalam tanah masam biasanya konsentrasi kation Fe, Al lebih besar daripada anion fosfat, sehingga reaksi berlangsung ke kanan. Ketersediaan P bagi tanaman tergantung pada bentuk anion fosfat, selanjutnya bentuk anion ini tergantung pada pH tanah (Syekhfani, 2012).

2.5. Jagung

2.5.1. Karakteristik Tanaman Jagung

Jagung merupakan tanaman semusim determinan, dimana setengah siklus merupakan tahap pertumbuhan vegetatif dan setengahnya lagi generatif. Jagung memiliki klasifikasi sebagai berikut: Kingdom Plantae, Divisio Spermatophyta, Subdivisio Poales (*Graminales*), Famili Poaceae (*Graminae*), Genus Zea, Spesies Zea

mays. Berdasarkan bentuk dan struktur biji serta endospermnya, jagung dapat diklasifikasikan sebagai berikut : Jagung mutiara (*Z. mays indurata*), jagung gigi kuda (*Z. mays indentata*), jagung manis (*Z. mays saccharata*), jagung pod (*Z. tunicata sturt*), jagung berondong (*Z. mays everta*), jagung pulut (*Z. ceritina Kulesh*), jagung QPM (*Quality Protein Maize*), dan jagung minyak yang tinggi (*High Oil*) (Riwandi *et al*, 2014).

Akar tanaman jagung merupakan akar adventif yang tumbuh relatif dangkal dengan percabangan amat lebat. Akar yang menyokong memberikan tambahan topangan untuk tumbuh tegak dan membantu penyerapan unsur hara. Akar layang ini tumbuh di atas permukaan tanah, tumbuh rapat pada buku-buku dasar dan tidak bercabang sebelum masuk ke tanah (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Batang jagung tidak bercabang, berbentuk silinder, dan terdiri dari beberapa ruas dan buku ruas. Pada buku ruas akan muncul Tunas yang berkembang menjadi tongkol. Tinggi batang jagung tergantung varietas dan tempat penanaman, umumnya berkisar 60-300 cm (Purwono dan Hartono, 2006).

Jagung memiliki sistem perakaran serabut dengan 3 jenis akar yaitu akar adventif, akar seminal, dan akar udara. Akar adventif adalah akar yang semula berkembang dari buku di ujung mesokotil, selanjutnya dari tiap buku berkembang secara berurutan ke atas hingga 7 sampai dengan 10 buku yang terdapat di bawah permukaan tanah. Akar adventif berperan dalam pengambilan air dan unsur hara dari dalam tanah. Akar udara adalah akar yang muncul pada dua atau tiga buku di atas permukaan tanah yang berfungsi sebagai penyangga supaya tanaman jagung tidak mudah rebah. Akar tersebut juga membantu penyerapan unsur hara dan air. Pertumbuhan akar-akar tersebut melambat setelah plumula muncul ke permukaan tanah (Riwandi *et al*, 2014).

Jagung memiliki tinggi batang berkisar antara 150 sampai dengan 250 cm yang terbungkus oleh pelepah daun yang berselang-seling dari setiap buku. Ruas-ruas bagian atas berbentuk silindris, sedangkan ruas bagian bawah berbentuk agak bulat pipih. Tunas batang yang telah berkembang menghasilkan tajuk bunga betina. Percabangan (batang liar) pada jagung umumnya terbentuk pada pangkal batang. Batang liar adalah

batang sekunder yang berkembang pada ketiak daun terbawah dekat permukaan tanah (Riwandi *et al*, 2014).

Daun tanaman jagung berbentuk pita atau garis, mempunyai ibu tulang daun yang terletak tepat di tengah-tengah daun. Tangkai daun merupakan pelepah yang biasanya berfungsi untuk membungkus batang tanaman jagung. Daun pada tanaman jagung mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan tanaman utamanya dalam penentuan produksi (Warisno, 2009). Jumlah daun umumnya berkisar antara 10-18 hari, rata-rata munculnya daun yang terbuka sempurna adalah 3-4 hari setiap daun. Tanaman jagung di daerah tropis mempunyai jumlah daun relatif lebih banyak dibanding di daerah yang beriklim sedang (Suprpto dan Marzuki, 2002). Buah jagung terdiri dari tongkol, biji, dan daun pembungkus. Biji jagung mempunyai bentuk, warna dan kandungan endosperm yang bervariasi, tergantung pada jenisnya. Pada umumnya, biji jagung tersusun dalam barisan yang melekat secara lurus atau berkelok-kelok dan berjumlah antara 8-20 baris biji. Biji jagung terdiri atas tiga bagian utama, yaitu kulit biji (*seedcoat*), endosperm, dan embrio (Rukmana, 2009).

2.5.2. Syarat Tumbuh Tanaman Jagung

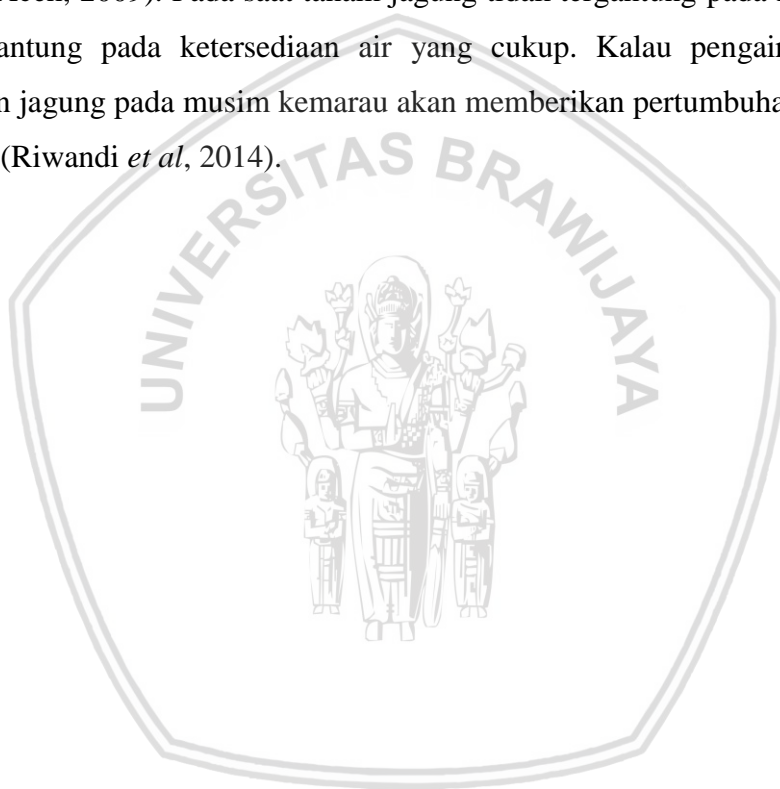
1. Tanah

Budidaya tanaman jagung dapat dilakukan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi, pada lahan sawah maupun lahan tegalan. Tanaman jagung dapat tumbuh pada ketinggian 50-1800 mdpl. Untuk tumbuh optimal tanaman jagung dianjurkan untuk di tanam dengan ketinggian antara 50-600 mdpl. pH tanah yang diperlukan untuk budidaya tanaman jagung ialah antara 5,6-7,5. (Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluh Pertanian Aceh, 2009).

Jagung menghendaki tanah yang subur untuk dapat memproduksi dengan baik. Hal ini dikarenakan tanaman jagung membutuhkan unsur hara terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam jumlah yang banyak. Pada tanah yang miskin hara dan rendah bahan organiknya, maka penambahan pupuk, N, P, K serta pupuk organik sangat diperlukan (Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluh Pertanian Aceh, 2009).

2. Iklim

Curah hujan yang ideal untuk tanaman jagung pada umumnya antara 200 sampai dengan 300 mm per bulan atau yang memiliki curah hujan antara 800 sampai dengan 1200 mm/tahun (Riwandi *et al*, 2014). Waktu penanaman tanaman jagung harus memperhatikan curah hujan dan penyebarannya. Penanaman dimulai apabila curah hujan sudah mencapai 100 mm/bulan. Suhu udara yang dikehendaki oleh tanaman jagung berkisar antara 21-34°C (Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluh Pertanian Aceh, 2009). Pada saat tanam jagung tidak tergantung pada musim, namun tetap tergantung pada ketersediaan air yang cukup. Kalau pengairannya cukup, penanaman jagung pada musim kemarau akan memberikan pertumbuhan jagung yang lebih baik (Riwandi *et al*, 2014).



III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Kimia tanah, dan Rumah Plastik di daerah Tlogomas pada bulan Oktober 2017 – Juli 2018.

3.2. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah tanah (Ultisol) (Gambar 3), kompos tandan kosong kelapa sawit (KTKKS) (Gambar 3), dan abu terbang batubara (ATB) (Gambar 3). Tanah Ultisol dari Kabupaten Kutai Kartanegara (Kalimantan Timur). Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS) diambil dari lahan perkebunan kelapa sawit PT Surya Inti Sawit Kahuripan (Makin Group), Kecamatan Parenggean, Kabupaten Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel Ultisol, abu terbang batubara dan tandan kosong kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian.

Gambar A, B dan C: tandan kosong kelapa sawit PT Surya Inti Sawit Kahuripan (Foto Gusti Irya Ichriani, 2017). Gambar D: timbunan abu terbang batubara, Gambar E: PLTU CFK Kaltim (Foto Retno Wilujeng, 2017),. Gambar F: profil Ultisol di Kabupaten Kutai Kartanegara (Foto Fahrumsyah, 2017)

KTKKS tersebut adalah TKKS yang sudah dihancurkan dan disiram dengan limbah cair kelapa sawit (LCKS) selama 6 minggu dan telah menjadi kompos matang. Abu Terbang Batubara (ATB) diambil dari PLTU PT. Cahaya Fajar Kaltim di Desa Embalut, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara. Karakteristik tanah, KTKKS dan ATB disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah, Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), dan Abu Terbang Batubara (ATB) yang digunakan dalam penelitian.

Karakteristik	ATB *)	Ultisol *) (0-30 cm)	KTKKS **
pH (H ₂ O.)	9.8	4.1	6.7
C- Organik (%)	0.82	1.23	17.30
Bahan Organik (%)	1.21	2.12	29.93
N – Total (%)	0.05	0.14	1.56
C/N	17	8.79	11.08
P - Total	1378.56 ppm	37.22 ppm	0.37 %
P - Tersedia	5.73 ppm	3.76 ppm	-
K -Total	719.35 ppm	232.87 ppm	0.11 %
K -Tersedia	-	50.70 ppm	-
Kation Dapat Tukar			
Ca ²⁺ (me 100/g)	28.45	3.17	3.19
Mg ²⁺ (me 100/g)	3.25	1.08	1.21
K ⁺ (me 100/g)	0.25	0.12	0.52
Na ⁺ (me 100/g)	0.26	0.13	0.83
H ⁺ (me 100/g)	-	1.08	-
Al ³⁺ (me 100/g)	-	4.45	-
KTK (me 100/g)	-	21.18	31.95
Kejenuhan Basa (%)	-	44.87	-
Zn (ppm)	60.80	19.20	
Cu (ppm)	13.50	7.45	
Fe (ppm)	178.30	391.45	
Co (ppm)	3.30	3.35	
Mn (ppm)	95.20	35.75	
Cd (ppm)	2.60	0.29	
Pb (ppm)	5.70	4.46	
Tekstur (USDA)	Debu	Lempung	
Pasir (%)		25	
Debu (%)		49	
Liat (%)		26	

*) Fahrunsyah (2017), Gusti Ichrya Ichriani (2017)

3.3. Rancangan Penelitian

Tahap 1: inkubasi sampel tanah

Percobaan inubasi di laboratorium dilakukan dalam kondisi tidak tercuci (*non-leaching incubation*). Metode inkubasi mengacu pada metode yang digunakan oleh Handayanto *et al.* (1994). Percobaan terdiri atas 7 perlakuan dengan 3 ulangan (Tabel 2). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Percobaan dilaksanakan secara destruktif dengan 4 waktu pengamatan (3, 7, 21, 42 hari). Jumlah unit perlakuan yang diperlukan adalah : 7 perlakuan x 3 ulangan x 4 waktu pengamatan = 84 unit (botol). Perhitungan jumlah bahan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Kombinasi perlakuan dosis aplikasi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS), dan Abu Terbang Batubara (ATB)

No	Kode	Deskripsi
1	A0K0	Kontrol = tanpa penambahan ATB atau Kompos TKKS
2	A10K20	10 t ATB/ha + 20 t kompos TKKS/ha
3	A10K40	10 t ATB/ha + 40 t kompos TKKS/ha
4	A20K20	20 t ATB/ha + 20 t kompos TKKS/ha
5	A20K40	20 t ATB/ha + 40 t kompos TKKS/ha
6	A40K40	40 t ATB/ha + 20 t kompos TKKS/ha
7	A40K40	40 t ATB/ha + 40 t kompos TKKS/ha

Tabel 3. Perhitungan Jumlah Tanah, ATB dan KTKKS yang diperlukan

No	Kode	Tanah (g)	ATB (g)	KTKKS (g)	Jumlah per botol (g)
1	A0K0	50	0	0	50,000
2	A10K20	50	0,228	0,455	50,683
3	A10K40	50	0,228	0,909	51,137
4	A20K20	50	0,455	0,455	50,910
5	A20K40	50	0,455	0,909	51,364
6	A40K40	50	0,909	0,455	51,364
7	A40K40	50	0,909	0,909	51,818

20 t ATB atau KTKKS/ha = 20 t ATB/2.200 ton tanah (asumsi BJ = 1.1) → untuk 50 g tanah diperlukan 0,455 g ATB atau KTKKS (untuk dosis 20 t ATB atau KTKKS ha⁻¹), dan 0,909 g ATB atau KTKKS (untuk dosis 40 t ATB atau KTKKS ha⁻¹)

Masing-masing perlakuan kombinasi ATB-KTKKS dicampur dengan 50 g tanah (Ultisol lapisan atas, diameter < 2 mm, kering udara), dicampur merata, dan ditempatkan dalam botol plastik ukuran 100 mL kemudian ditambah air sampai 70% kapasitas tanah menahan air (atau 70% kapasitas lapangan). Semua botol ditutup dengan aluminium foil (atau tutup botol) dan diberi dua atau tiga lubang kecil untuk mengurangi penguapan tetapi tetap terdapat aerasi (Gambar 4). Semua botol ditempatkan dalam ruangan pada suhu $\pm 26^{\circ}\text{C}$. Selama masa inkubasi kadar air dipertahankan 70% kapasitas tanah menahan air dengan jalan menimbang botol secara periodik. Percobaan berlangsung selama 42 hari.

Penempatan perlakuan pada setiap ulangan dilakukan pengacakan dengan menggunakan sistem penomoran dan didapatkan denah perlakuan disajikan pada Lampiran 2.



Gambar 2. Percobaan inkubasi di laboratorium

Tahap 2: Percobaan di rumah kaca

Tujuh perlakuan yang sama dengan penelitian tahap 1 digunakan pada penelitian tahap 2. Tiga benih jagung ditanam dalam pot plastik yang berisi 10 kg tanah Ultisol (lapisan atas 0-15 cm, kering angin, lolos ayakan 2mm) sesuai dengan masing-masing perlakuan. Setiap pot diberi pupuk dasar $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ dan $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$, dan tidak diberikan pupuk P. Tujuh perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Selama percobaan, pemberian air dilakukan setiap hari untuk menjaga kecukupan pasokan air untuk pertumbuhan tanaman.

Penempatan perlakuan pada setiap ulangan dilakukan pengacakan dengan menggunakan sistem penomoran dan didapatkan denah perlakuan disajikan pada Lampiran 3.

3.4. Pengamatan Penelitian

Pengamatan yang dilakukan pada saat inkubasi tanah meliputi (1) pH tanah tersedia diamati pada 0, 3, 7, 21, 42 hari setelah inkubasi, (2) P tanah tersedia diamati pada 0, 3, 7, 21, 42 hari setelah inkubasi, dan (3) sifat kimia tanah pendukung: C-organik, P total, Al-dd diamati pada 42 hari setelah inkubasi (akhir percobaan inkubasi).

Pengamatan yang dilakukan pada saat percobaan di rumah kaca meliputi (1) tinggi tanaman dan (2) luas daun diamati setiap minggu sampai 12 minggu setelah tanam (MST). (3) berat kering brangkasan (tajuk, akar, kelobot jagung), (4) berat jagung dengan tongkol, (5) berat jagung pipilan diamati pada saat panen.

3.5. Analisis Data

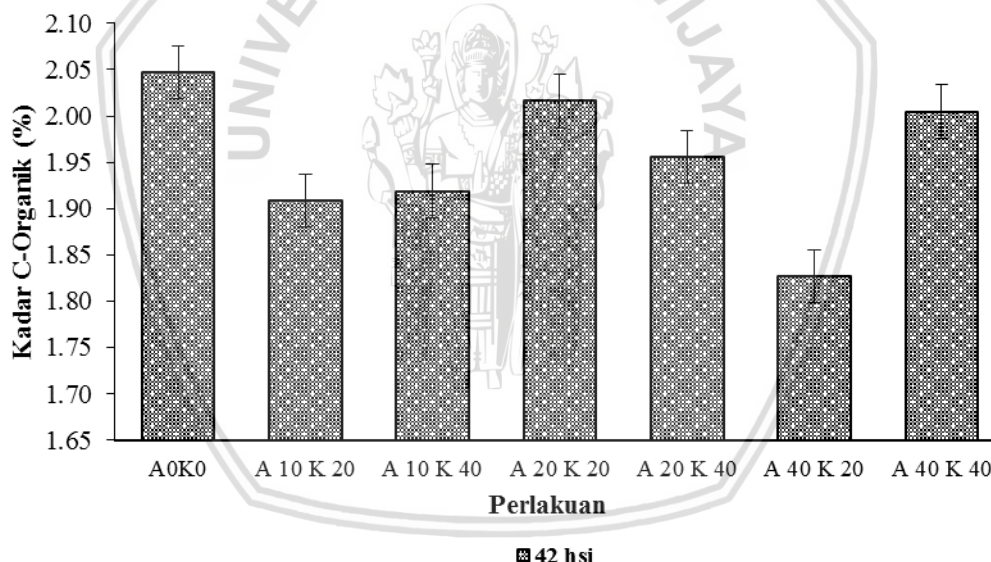
Jumlah P yang dilepas dari ATB & KTKKS dihitung sebagai jumlah P tersedia dalam tanah perlakuan pemberian ATB & KTKKS dikurangi jumlah P tersedia dalam tanah perlakuan kontrol. Data hasil pengamatan pada percobaan diolah dan dianalisis dengan Anova. Jika ada perbedaan nyata maka di uji lanjut dengan uji BNJ (Beda Nyata Jujur) dengan taraf 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Kombinasi Aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Ketersediaan Fosfor Pada Tanah Ultisol

4.1.1. C-Organik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi aplikasi ATB dan KTKKS tidak berpengaruh nyata terhadap C-Organik tanah pada akhir inkubasi masing-masing perlakuan berdasarkan hasil sidik ragam (ANOVA). Perlakuan yang memiliki C-Organik tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol/A0K0 (tanpa penambahan ATB dan KTKKS) sebesar 2,05%. Perlakuan yang memiliki C-Organik terendah terdapat pada perlakuan A40K20 (penambahan 40 t ha⁻¹ ATB + 20 t ha⁻¹ KTKKS) sebesar 1,83%. Kadar C-Organik pada setiap perlakuan disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 1. Kadar C-Organik pada 42 HSI

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

C-Organik mengindikasikan kandungan bahan organik (BO) yang ada di dalam tanah. Tandan kosong kelapa sawit mengandung 45-50% selulosa, 25+30%

hemiselulosa, dan 25-35% lignin sehingga pengomposan tandan kosong kelapa sawit memerlukan waktu yang lama (Khalil *et al*, 2007) . Hal ini mengindikasikan jumlah dosis KTKKS yang diberikan mempengaruhi lamanya waktu pendekomposisian sehingga mempengaruhi kadar C-Organik dalam tanah.

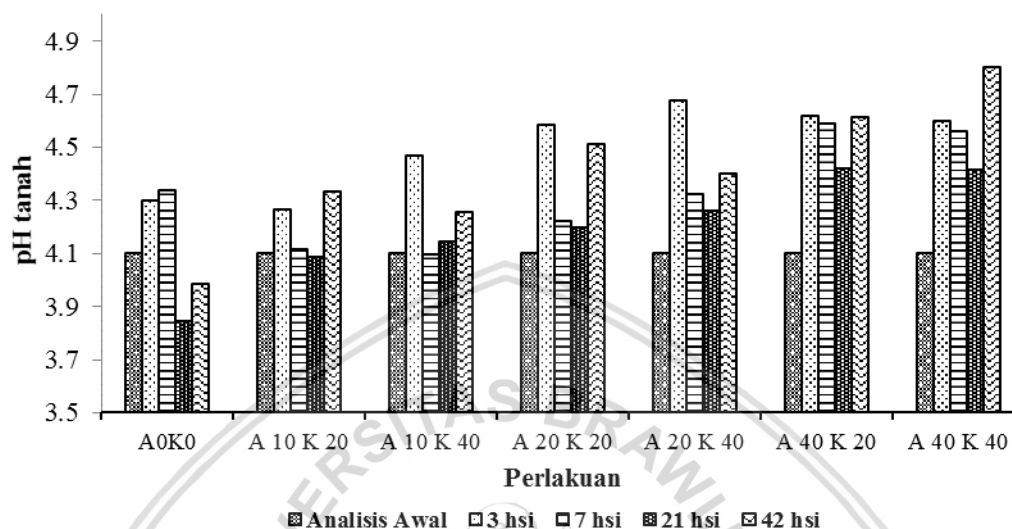
Rendahnya C-Organik pada perlakuan dibandingkan kontrol disebabkan oleh C-Organik pada KTKKS yang diaplikasikan terikat oleh ion Al dan Fe yang banyak pada Ultisol. Agusni dan Satriawan (2012) mengemukakan bahwa asam-asam organik yang dihasilkan dari proses dekomposisi akan mengikat Al membentuk senyawa kompleks (khelat organik) sehingga Al tidak terhidrolisis kembali. Hanafiah (2005) menyatakan bahwa pemberian bahan organik kedalam tanah dapat menghasilkan asam-asam organik dan CO₂ melalui proses dekomposisi. Asam-asam organik seperti asam malonat, asam oksalat, dan asam tatrakratrat akan menghasilkan anion organik yang mempunyai sifat dapat mengikat ion Al-Fe dan Ca dari dalam larutan tanah lalu membentuk senyawa kompleks yang sukar larut.

4.1.2. pH

Hasil pengukuran pH tanah pada saat inkubasi menunjukkan dalam kategori masam, dengan kisaran pH 3,8-4,8. Kadar pH tertinggi terdapat pada perlakuan A40K40 (penambahan 40 t ha⁻¹ ATB + 40 t ha⁻¹ KTKKS) pada hari ke 42 setelah inkubasi (42 HSI) dan pH terendah terdapat pada perlakuan kontrol/A0K0 (tanpa penambahan ATB dan KTKKS) pada hari ke 21 setelah inkubasi (21 HSI). Histogram pH tanah selama inkubasi disajikan pada Gambar 6.

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa kombinasi ATB dan KTKKS tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Namun pH tanah hasil aplikasi kombinasi ATB dan KTKKS secara keseluruhan mengalami peningkatan kecuali pada perlakuan kontrol pH tanah terjadi penurunan, Hal ini diduga terjadi pencucian dikarenakan adanya penambahan air pada saat inkubasi. Pencucian tetap terjadi meskipun tidak secara signifikan. Prasetyo *et al.*, (2005) mengemukakan bahwa kemasaman tanah dapat disebabkan oleh beberapa faktor antara lain bahan induk tanah, reaksi oksidasi terhadap mineral tertentu, bahan organik dan pencucian basa-basa. Prasetyo dan Suriadikarta (2006) menyatakan bahwa reaksi tanah Ultisol pada umumnya masam

hingga sangat masam (pH5-3,10). Kandungan hara pada tanah Ultisol umumnya rendah karena pencucian basa berlangsung intensif.



Gambar 2. pH Tanah Selama Inkubasi

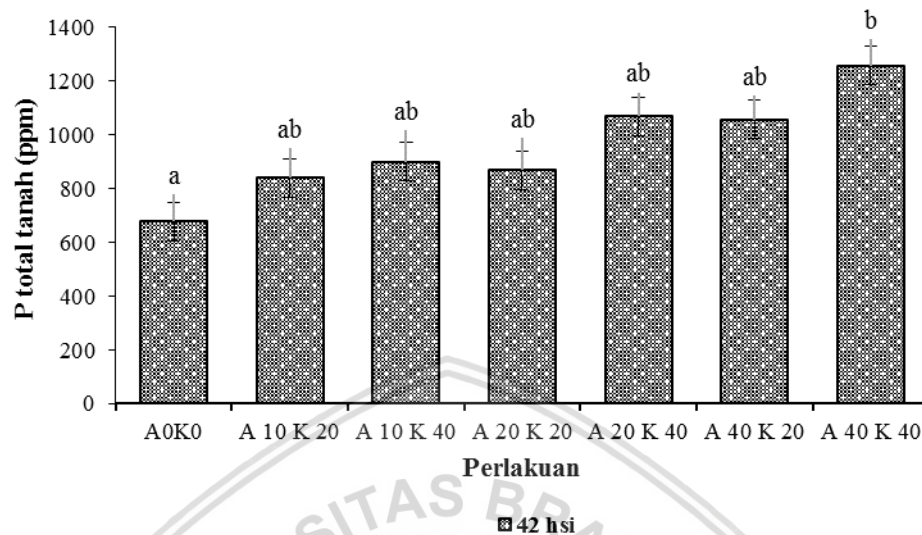
Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

Peningkatan pH pada tanah diduga karena pengaruh dari pemberian ATB dan KTKKS. pH dari ATB tergolong basa, sedangkan pH dari KTKKS tergolong netral. Oleh karena itu, interaksi antara 2 perlakuan tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan pH pada tanah Ultisol. Peningkatan dosis penambahan ATB dan KTKKS berbanding lurus dengan peningkatan pH tanah. Pemberian bahan organik mampu meningkatkan nilai pH tanah, karena bahan organik memiliki kemampuan mengikat logam Al³⁺, sehingga tidak terjadi reaksi hidrolisis Al³⁺, dimana reaksi dari hidrolisis Al³⁺ menghasilkan 3 ion H⁺ yang dapat mengasamkan tanah (Nariatih *et al.*, 2013). Penambahan abu terbang batubara dapat meningkatkan muatan negatif tanah melalui mekanisme deprotonasi ion H⁺ pada mineral liat. Terjadinya

reprotonisasi ion H^+ ini mengindikasikan terjadinya peningkatan pH tanah oleh abu terbang batubara (Priatmadi *et al*, 2014). Peningkatan pH juga diduga oleh adanya kemampuan kompos dalam mengadsorbsi kation (termasuk H^+) sehingga kemasaman tanah berkurang dan menyebabkan terjadinya peningkatan pH pada tanah Ultisol (Kaya *et al*, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sugiyanto *et al*. (2005), bahan organik yang telah dirombak akan menghasilkan kation-kation basa seperti Ca, Mg, K, dan Na yang mampu meningkatkan pH. Pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah akan menyebabkan tanah jenuh dengan kation-kation tersebut sehingga menyebabkan pH tanah meningkat.

4.1.3. P-Total

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan P-Total tanah Ultisol dibandingkan dengan analisis awal. Pada analisis akhir inkubasi terjadi peningkatan P-total tanah seiring dengan peningkatan penambahan dosis ATB dan KTKKS dimana kadar P-total terendah terdapat pada perlakuan A0K0 (Kontrol) sebesar 678,79 ppm dan tertinggi pada A40K40 (penambahan ATB 40 t ha^{-1} + KTKKS 40 t ha^{-1}) dengan nilai sebesar 1256,96 ppm. Kadar P-Total tanah disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 3. Kadar P-Total 42 HSI

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

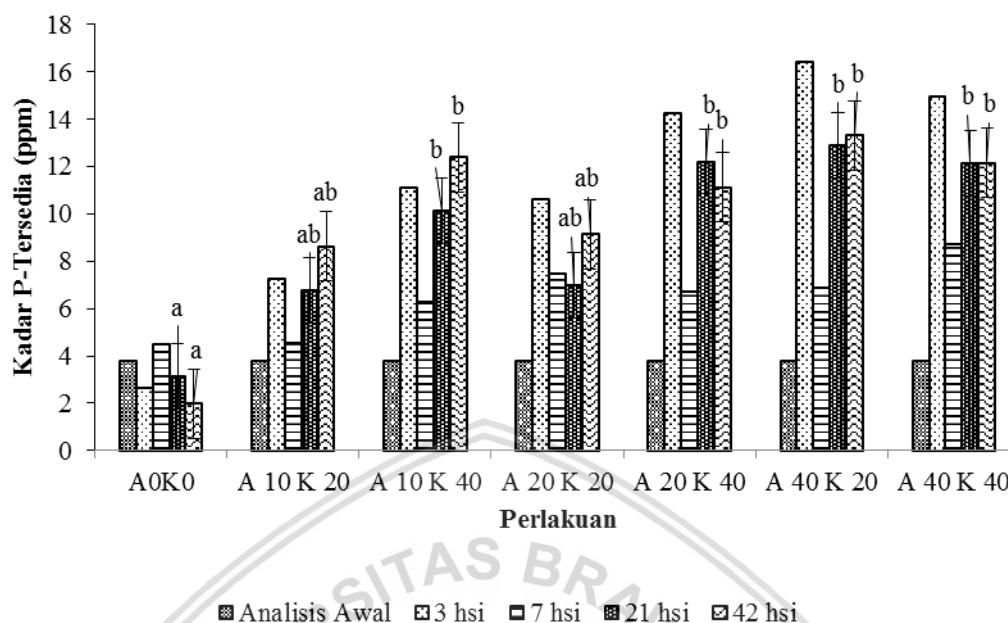
Berdasarkan hasil analisis statistik (ANOVA) yang dilakukan, kombinasi ATB dan KTKKS berpengaruh nyata terhadap nilai P-Total tanah. Peningkatan P-total ini diduga disebabkan oleh pelepasan P dari ATB dan KTKKS. Pada analisis awal percobaan ATB memiliki kadar P total yang tinggi (1378,56 ppm) dan KTKKS memiliki kadar P total yang tinggi yaitu sebanyak 0,37% (3700 ppm). Darmosarkoro dan Winarna (2001) mengemukakan bahwa pupuk organik yang mengandung sejumlah unsur hara akan menyumbangkan unsur hara tersebut apabila pupuk tersebut mengalami mineralisasi dalam suatu tanah. Peningkatan P-Total tanah Ultisol beriringan dengan meningkatnya pH tanah. Peningkatan pH tanah beriringan dengan peningkatan dosis ATB dan KTKKS yang diberikan. Meningkatnya pH tanah menyebabkan menurunnya jerapan P tanah, salah satu dampak penurunan jerapan P tanah ini adalah meningkatnya ketersediaan P tanah Hermawan *et al.*, (2014).

Brouwers dan Van Eijk (2003) menyatakan bahwa senyawa oksida abu terbang batubara (CaO , MgO , Na_2O , K_2O , serta senyawa silanol/Si-OH) yang terhidrolisis menghasilkan muatan negatif. Muatan negatif tersebut dapat menetralkan muatan positif pada koloid tanah sehingga jerapan P menjadi berkurang Hermawan *et al* (2014). Penurunan jerapan P akibat penambahan ATB dan KTKKS diindikasikan terjadi karena senyawa negatif yang dilepas baik pada ATB dan KTKKS berikatan dengan ion Al^{3+} dan Fe^{2+} .

4.1.4. P-Tersedia

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan terjadi peningkatan P-Tersedia pada 3 hari setelah inkubasi (HSI). Pada 7 HSI terjadi penurunan kadar P-Tersedia namun kembali naik pada saat 21 HSI dan 42 HSI. Pada perlakuan secara keseluruhan P-tersedia mengalami peningkatan, namun pada perlakuan kontrol terjadi penurunan. Hal ini diduga terjadi karena pada perlakuan kontrol tidak ditambahkan bahan organik sehingga unsur Al dan Fe masih terikat dengan unsur P yang ada pada tanah Ultisol. Prasetyo dan Suriadikarta (2006) mengatakan kekurangan P pada tanah Ultisol dapat disebabkan oleh kandungan P dari bahan induk tanah yang memang sudah rendah, atau kandungan P sebenarnya sudah tinggi, hanya saja tidak tersedia untuk tanaman karena terjerap oleh unsur-unsur lain seperti Al dan Fe.

Kenaikan P-tersedia pada saat 3 HSI diduga karena penambahan ATB dan KTKKS pada tanah Ultisol sehingga unsur-unsur yang ada pada KTKKS dan mengikat unsur Al^{3+} yang ada pada tanah Ultisol sehingga melepaskan P terjerap dan unsur P menjadi tersedia. Pada 7 HSI terjadi penurunan kadar P-tersedia diduga karena terjadi penjerapan kembali oleh Al^{3+} . Pada 21 HSI terjadi peningkatan kembali karena P kembali tersedia dari hasil mineralisasi KTKKS dan ATB. Pemupukan fosfat merupakan salah satu cara mengelolah tanah Ultisol, hal ini disebabkan oleh kadar P yang rendah, juga terdapat unsur-unsur yang dapat meretensi fosfat yang ditambahkan (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Kadar P-Tersedia pada tanah disajikan pada Gambar 8.



Gambar 4. Kadar P-Tersedia pada tanah inkubasi Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

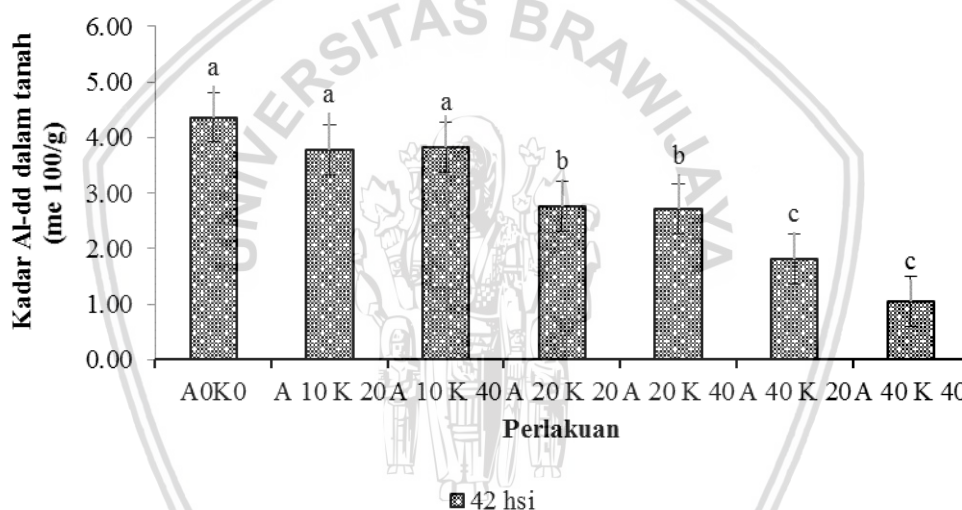
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), pengaruh kombinasi ATB dan KTKKS berpengaruh nyata terhadap peningkatan P-Tersedia pada tanah Ultisol pada 21 HSI dan 42 HSI. Prasetyo *et al* (2010) mengemukakan bahwa pemberian abu terbang batubara dapat meningkatkan ketersediaan P karena silikat dapat menggantikan posisi P yang berada pada tapak jerapan, sehingga anion P akan dikeluarkan ke dalam larutan tanah dan tapak jerapan akan ditempati oleh silikat. Pemberian silikat dapat meningkatkan kadar P tanah menjadi bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman.

Peningkatan P-tersedia terjadi karena perlakuan kompos yang mengubah fosfor organik menjadi fosfor anorganik (Alibansyah, 2016). Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa kompos TKKS mengandung 31,01-51,23% C organik 84,24 ppm P-tersedia; dan KTK sebesar 52,13 me/100 g (Elfiati dan Siregar, 2010; Ichriani

et al., 2012). Penurunan jerapan P dengan pemberian bahan organik disebabkan oleh terbentuknya senyawa kompleks agrono-metal antara asam organik dengan P dalam memperebutkan tapak pertukaran (Marsi dan Sabarudin, 2011).

4.1.5. Al-dd

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan Al-dd pada akhir inkubasi tanah seiring dengan peningkatan dosis pemberian kombinasi ATB dan KTKKS. Kadar Al-dd tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol/A0K0 (tanpa penambahan ATB dan KTKKS) sebesar 4,37 me 100/g sedangkan kadar Al-dd terendah terdapat pada perlakuan A40K20 (penambahan ATB 40 t ha⁻¹ + 20 t ha⁻¹ KTKKS) yakni sebesar 1,05 me 100/g. Kadar Al-dd tanah disajikan dalam Gambar 9.



Gambar 5. Kadar Al-dd pada Akhir Inkubasi

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

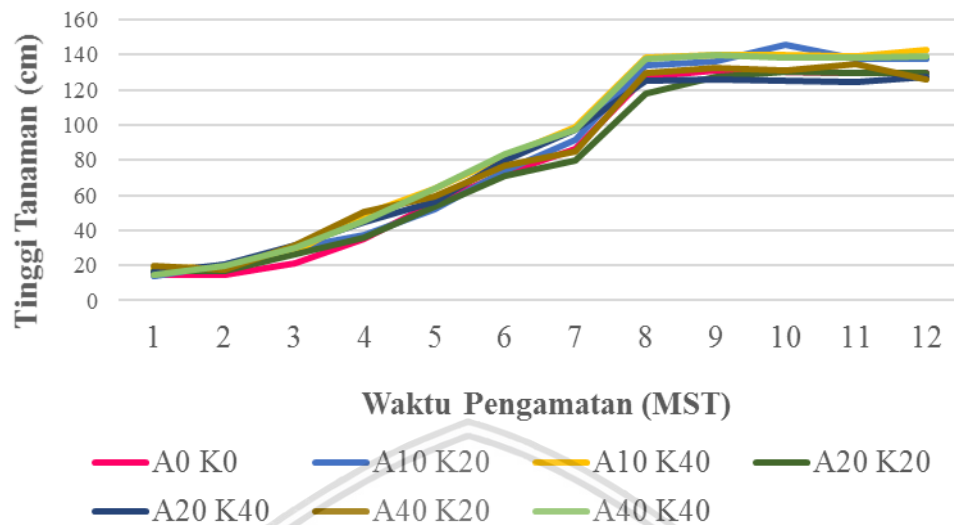
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam (ANOVA), pemberian kombinasi aplikasi ATB dan KTKKS berpengaruh nyata terhadap ketersediaan penurunan kadar Al-dd tanah. Penurunan kadar Al-dd sejalan dengan kenaikan pH, kenaikan P-Total, dan kenaikan P-tersedia. Hal ini terjadi diduga karena pemberian ATB dan KTKKS

mampu mengikat ion Al^{3+} sehingga menyebabkan penurunan Al-dd dan meningkatkan Al_{kelat} . Ion Al^{3+} dapat terikat karena komposisi dari ATB dan KTKKS itu sendiri. ATB mengandung senyawa silikat yang apabila terhidrolisis akan menghasilkan muatan negatif yang akan berikatan dengan unsur Al^{3+} sehingga menyebabkan pH tanah naik dan kadar Al-dd dalam tanah menjadi menurun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Prasetyo *et al*, (2010) yang mengemukakan bahwa abu terbang batubara dapat meningkatkan kandungan silica dalam tanah. sehingga menyebabkan menurunnya kandungan AL-dd pada tanah. Turunnya Al-dd disebabkan karena senyawa-senyawa OH^- yang terdapat dalam tanah mampu mengikat Al^{3+} sehingga terbentuk senyawa $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang bersifat mengendap. Keadaan ini menyebabkan terjadinya penurunan kandungan Al-dd tanah.

4.2. Peranan Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Pada Ultisol

4.2.1. Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, terjadi peningkatan tinggi tanaman pada masing masing perlakuan dimana batas dari peningkatan tinggi tanaman terjadi pada minggu ke 8 kecuali pada perlakuan A10K20 batas peningkatan tinggi tanaman terjadi pada minggu ke 10 dan perlakuan A40K20 terjadi pada minggu ke 11. Secara keseluruhan tinggi tanaman tertinggi setiap minggunya mengalami peningkatan dan penurunan namun tidak signifikan. Perlakuan A10K40 menjadi perlakuan dengan tinggi tanaman tertinggi pada 12 MST dengan perlakuan dosis 10 t ha^{-1} Abu Terbang Batubara dan 40 t ha^{-1} Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman jagung disajikan pada Gambar 10.



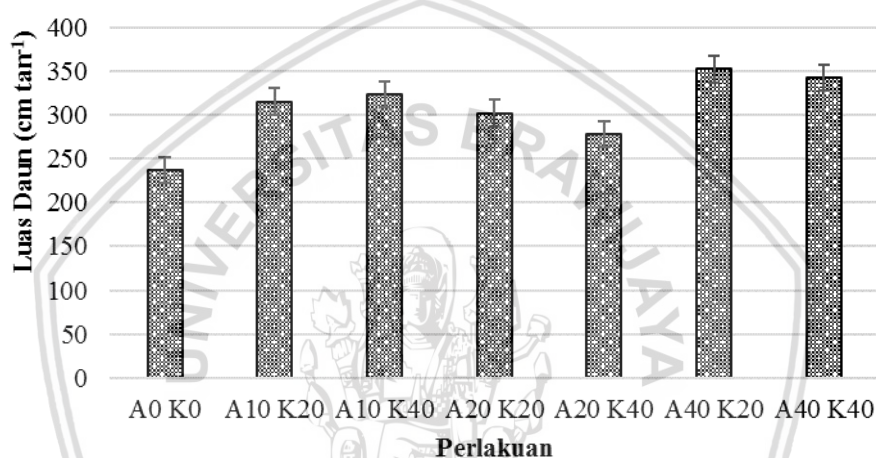
Gambar 6. Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman Jagung

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian kombinasi aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit tidak berpengaruh nyata terhadap tingggi tanaman. hal ini dapat disebabkan karena pada saat fase vegetatif, tanaman jagung lebih membutuhkan unsur N dibandingkan Unsur P. Unsur hara P diperlukan tanaman dalam jumlah lebih sedikit daripada unsur hara N. Walaupun unsur hara P sangat penting bagi tanaman, karena berperan dalam mempercepat pemasakan buah serta mengurangi resiko keterlambatan panen (Sutejo, 2002). Aplikasi ekstrak abu terbang batubara dalam rentang konsentrasi rendah 0,5-1,0% (b/b) tidak memiliki pengaruh signifikan pada perkecambahan dan pertumbuhan bibit jagung sedangkan konsentrasi abu terbang yang lebih tinggi memiliki efek merusak pada perkecambahan, kelangsungan hidup, jumlah akar, tunas dan panjang akar, berat segar dan materi kering bibit dari kedua tanaman (Shukla dan Mishra, 1986).

4.2.2. Luas Daun

Berdasarkan hasil pengamatan, terlihat hasil Luas Daun pada 12 MST terjadi peningkatan pada setiap perlakuan secara keseluruhan. Luas daun tertinggi terdapat pada perlakuan A40K20 (penambahan ATB 40 t ha⁻¹ dan KTKKS 20 t ha⁻¹) sedangkan luas daun terendah terdapat pada perlakuan A0K0 (tanpa penambahan ATB dan KTKKS). Histogram luas daun tanaman jagung disajikan pada Gambar 11.



Gambar 7. Histogram Rerata Luas Daun pada 12 MST

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa pemberian Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit tidak berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman jagung. Hal ini terjadi dapat disebabkan karena pertumbuhan daun mengikuti pertumbuhan tanaman. Luas daun yang maksimal akan menghasilkan fotosintat yang maksimal pula karena berkaitan dengan bertambahnya luas daun yang dapat memacu laju fotosintesis yang semakin tinggi sehingga menghasilkan fotosintat

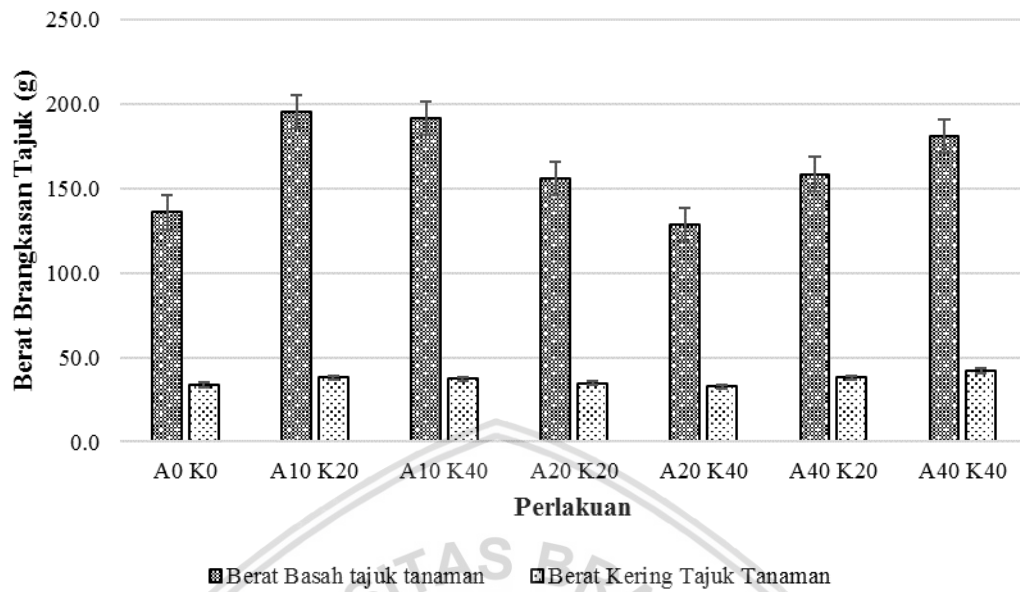
yang terakumulasi pada bagian-bagian tanaman yang lain juga semakin banyak (Adinugraha *et al.*, 2016).

Daun secara umum dilihat sebagai organ produsen fotosintat utama walaupun proses fotosintesis juga dapat berlangsung pada organ tanaman lain (Rahayu *et al.*, 2012). Daun memiliki peranan penting dalam proses terjadinya fotosintesis pada tanaman khususnya untuk menghasilkan asimilat berupa karbohidrat pada bagian cadangan makanan (Satriyo *et al.*, 2016).

4.2.3. Berat Brangkasan

Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan hasil berat brangkasan basah dan berat brangkasan kering dengan berat brangkasan basah tertinggi terdapat pada perlakuan A40K40 (penambahan ATB 40 t ha⁻¹ dan KTKKS 40 t ha⁻¹) sedangkan berat brangkasan basah terendah terdapat pada perlakuan A10K20 (penambahan ATB 10 t ha⁻¹ dan KTKKS 20 t ha⁻¹). Histogram berat brangkasan segar dan kering tajuk tanaman jagung disajikan pada Gambar 12.

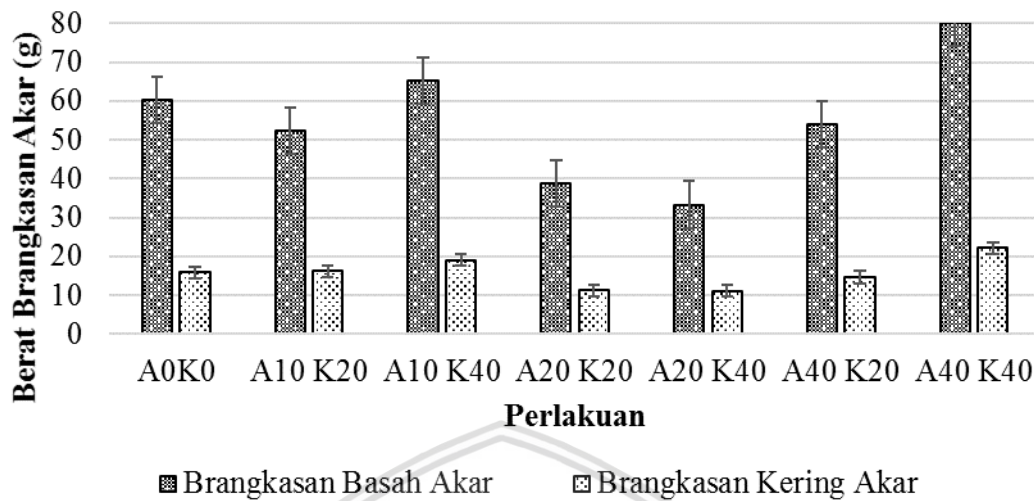
Tinggi rendahnya bobot kering tanaman ditentukan oleh laju fotosintesis yang merupakan penimbunan fotosintat selama pertumbuhan. jika dilihat dari Gambar 12 terdapat selisih antara rerata berat brangkasan basah dan berat brangkasan kering tajuk Yulisma (2011). Hal ini mengindikasikan bahwa laju fotositesis tidak berjalan dengan maksimal meskipun penyerapan air dan unsur hara sudah cukup tinggi pada tajuk tanaman. Terhambatnya bobot kering tanaman menandakan bahwa terjadinya penyerapan unsur hara yang tidak efisien atau tidak terpenuhi sesuai semestinya (Nurhanafi *et al.*, 2017).



Gambar 8. Histogram Rerata Berat Brangkas Tajuk Tanaman Jagung

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

Unsur hara P sangat penting bagi tanaman, karena berperan dalam proses perkembangan akar sehingga meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan (Sutejo, 2002). Berdasarkan hasil pengamatan, berat brangkas segar akar tertinggi terdapat pada perlakuan A40 K40 (penambahan ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹) dan terendah terdapat pada perlakuan A20 K40 (penambahan 20 t ha⁻¹ ATB dan 40 t ha⁻¹ KTKKS). Berat brangkas kering tertinggi terdapat pada perlakuan A40 K40(penambahan 40 t ha⁻¹ATB dan 40 t ha⁻¹ KTKKS) sedangkan berat brangkas kering terendah terdapat pada perlakuan A20K20 (penambahan 20 t ha⁻¹ ATB dan KTKKS 20 t ha⁻¹). Histogram berat brangkas basah akar dan berat brangkas kering akar disajikan pada Gambar 13.



Gambar 9. Histogram Rerata Berat brangkas Akar Tanaman Jagung

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

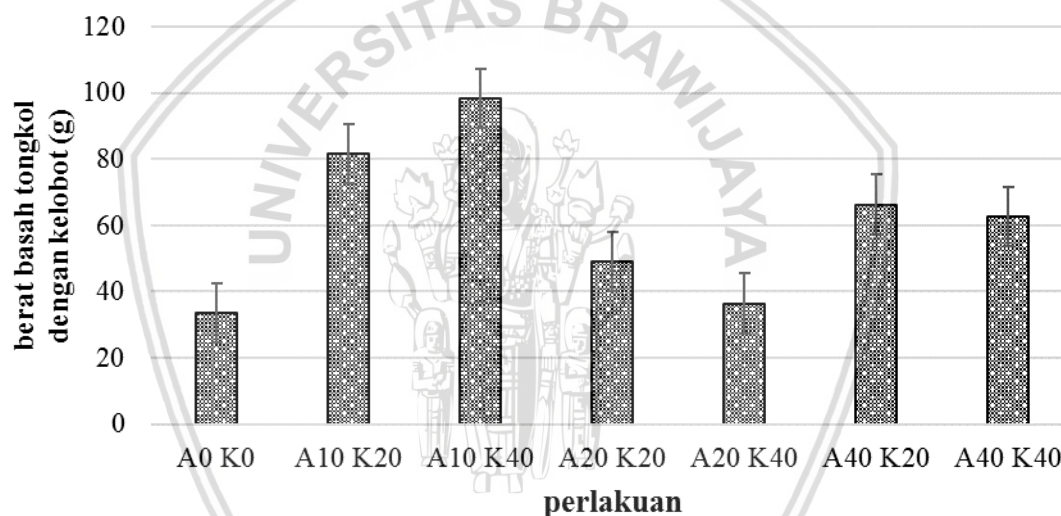
Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) terlihat bahwa pemberian Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit tidak berpengaruh nyata pada berat brangkas tajuk dan berat brangkas akar pada tanaman jagung. Hal ini dapat disebabkan oleh volume media tanam yang masih kurang sehingga tidak mampu menyediakan ruang tumbuh bagi akar, dan menyebabkan pertumbuhan tanaman jagung kurang maksimal karena perkembangan akar menjadi terbatas. Fikri (2012) menyatakan jika semakin banyak media yang digunakan maka perakaran akan lebih mudah berkembang sehingga daya topang tanah terhadap tanaman menjadi lebih kuat dan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik.

Berat brangkas segar merupakan indikator yang menunjukkan tingkat serapan air dan unsur hara oleh tanaman untuk melakukan metabolisme serta merupakan gabungan dari perkembangan dan penambahan jaringan tanaman seperti jumlah daun, luas daun, dan tinggi tanaman (Dwidjoseputro,1994). Berat brangkas

kering merupakan bahan organik yang terdapat dalam bentuk biomassa, yang mencerminkan penangkapan energi oleh tanaman dalam proses fotosintesis. Semakin tinggi berat kering brangkas menunjukkan bahwa proses fotosintesis berjalan baik (Harjadi, 1993).

4.2.4. Berat Tongkol Berkelobot

Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa berat tongkol berkelobot tertinggi terdapat pada perlakuan A10K40 (pemberian dan berat Tongkol berkelobot terendah terdapat pada perlakuan A0K0 (tanpa pemberian ATB dan KTKKS). Histogram berat tongkol berkelobot antar perlakuan disajikan dalam Gambar 14.



Gambar 10. Histogram Rerata Berat Tongkol Berkelobot pada Tanaman Jagung

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A10K 40: ATB10 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A20K20: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A20K40: ATB 20 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹, A40K20: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 20 t ha⁻¹, A40K40: ATB 40 t ha⁻¹+KTKKS 40 t ha⁻¹

Terlihat dari Gambar 14 bahwa pada dosis A10K20 dan dosis A10K40 tanaman mengalami peningkatan berat tongkol berkelobot, namun pada dosis A20 K20 berat tongkol berkelobot mengalami penurunan. Pada dosis A40K20 tongkol

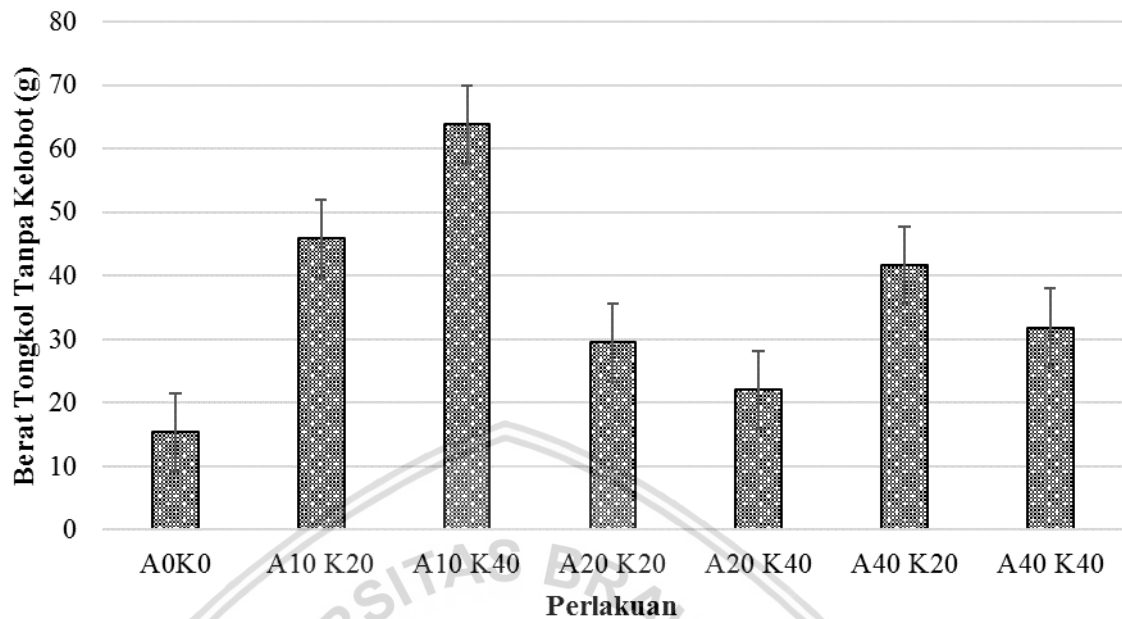
mengalami kenaikan berat namun tidak sebesar pada dosis A10K40. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dosis ATB dan KTKKS sudah mampu meningkatkan hasil tanaman jagung dibanding A0K0. Terlihat bahwa pada perlakuan A10K40 merupakan perlakuan yang menghasilkan berat jagung berkelobot yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan A10K40 merupakan dosis yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman jagung.

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa aplikasi Kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit tidak berpengaruh nyata terhadap berat tongkol berkelobot. Hal ini dapat disebabkan karena pengaruh dari pertumbuhan pada fase vegetatif tanaman sehingga berpengaruh terhadap fase generatif tanaman. terlihat dari parameter sebelumnya yang menjelaskan bahwa tidak ada perbedaan nyata terhadap tinggi tanaman, luas daun dan berat kering brangkasan sehingga mempengaruhi hasil berat jagung berkelobot.

Hasil panen dipengaruhi oleh bobot kering tanaman yang dihasilkan (Adinugraha *et al.*, 2016). Sidar (2010) menyatakan bahwa unsur P Sangat dibutuhkan dalam fase pertumbuhan generatif pada tanaman jagung. Unsur P berguna dalam pembentukan tongkol dan jika kekurangan unsur P menyebabkan perkebangn tongkol tidak sempurna sehingga penmbentukan biji tidak merata dan tidak bernas.

4.2.5. Berat Tongkol Tanpa Kelobot

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa berat tongkol tanpa kelobot tertinggi terdapat pada perlakuan A10K40 dengan rata-rata berat 63,8 g. Perlakuan dengan berat tongkol tanpa kelobot terendah terdapat pada perlakuan A0K0 (tanpa pemberian ATB dan KTKKS) dengan rata-rata berat sebesar 15.3 g. Histogram berat tongkol tanpa kelobot disajikan pada gambar 15.



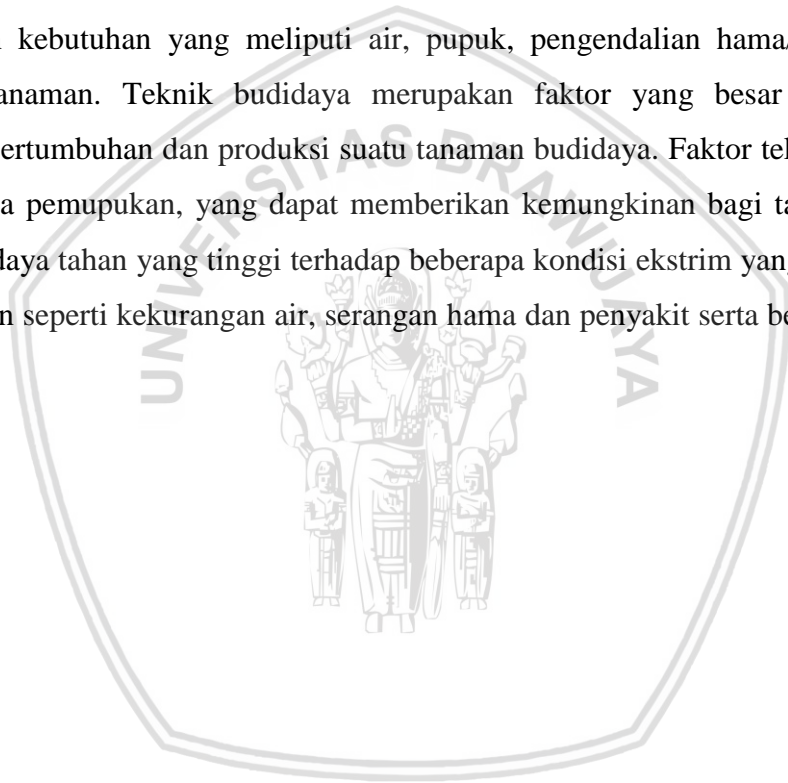
Gambar 11. Histogram Rerata Berat Tongkol Tanpa Kelobot

Perlakuan kombinasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit, A0K0: tanpa ATB dan KTKKS, A10K20: ATB 10 ton ha^{-1} +KTKKS 20 ton ha^{-1} , A10K 40: ATB10 ton ha^{-1} +KTKKS 40 ton ha^{-1} , A20K20: ATB 20 ton ha^{-1} +KTKKS 20 ton ha^{-1} , A20K40: ATB 20 ton ha^{-1} +KTKKS 40 ton ha^{-1} , A40K20: ATB 40 ton ha^{-1} +KTKKS 20 ton ha^{-1} , A40K40: ATB 40 ton ha^{-1} +KTKKS 40 ton ha^{-1}

Analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa pemberian kombinasi aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit tidak berpengaruh nyata terhadap berat tongkol tanpa kelobot. Hal ini dapat disebabkan oleh pembentukan tongkol yang tidak sempurna. Terlihat dari Gambar 15 bahwa berat rerata tongkol tanpa kelobot yang menunjukkan hasil tertinggi hanya sebesar 63.8g saja. Wahyudin *et al* (2017) menyatakan bahwa pembentukan tongkol merupakan salah satu tahap penting dalam hasil tanaman jagung. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Adisarwanto dan Wudianto (1999) bahwa pembentukan tongkol yang kurang atau tidak sempurna dapat disebabkan oleh kurangnya unsur P. pembentukan tongkol yang tidak sempurna bisa mengakibatkan ukuran tongkol yang kecil, barisan biji tidak beraturan serta biji kurang berisi sehingga mempegaruhi produksi berat jagung kering pipilan. Unsur hara P sangat penting bagi tanaman, karena berperan dalam proses perkembangan akar sehingga meningkatkan daya tahan

tanaman terhadap kekeringan dan mempercepat pemasakan buah serta mengurangi resiko keterlambatan panen (Sutejo, 2002). Hasil akhir dari proses fotosintesis dan pertumbuhan akan diakumulasikan pada organ penyimpanan asimilat dan hasil akhir tersebut tercermin melalui peningkatan atau penurunan komponen hasil. Jika pada fase pertumbuhan tanaman berproduksi dengan baik, maka ketika memasuki fase reproduksi tanaman akan mampu berproduksi dengan baik pula dengan tersedianya fotosintat yang mencukupi (Adinugraha *et al.*, 2016).

Hasyim (2002) mengatakan untuk meningkatkan produksi tanaman diperlukan kebutuhan yang meliputi air, pupuk, pengendalian hama/penyakit dan varietas tanaman. Teknik budidaya merupakan faktor yang besar pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi suatu tanaman budidaya. Faktor teknik budidaya diantaranya pemupukan, yang dapat memberikan kemungkinan bagi tanaman untuk memiliki daya tahan yang tinggi terhadap beberapa kondisi ekstrim yang biasa terjadi di lapangan seperti kekurangan air, serangan hama dan penyakit serta beberapa faktor lainnya.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

1. Pemberian kombinasi aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Berpengaruh terhadap P Tersedia, P total, Al dapat ditukar dan tidak berpengaruh nyata terhadap C- Organik dan pH tanah selama inkubasi
2. Pemberian kombinasi aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, luas daun 12 MST, berat brangkasan, berat tongkol berkelobot, berat kering jagung pipilan dan produksi pada tanaman jagung

5.2. SARAN

Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan perlakuan dosis yang serupa pada bulan tanam yang berbeda dan lokasi yang berbeda serta penambahan jarak antar pot agar dapat mengetahui respon yang paling baik untuk produksi tanaman jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha, Ibnu., Nugroho, Agung. dan Wicaksono, Karuniawan Puji. 2016. Pengaruh Asal Bibit Bud Chip Terhadap Fase Vegetatif Tiga Varietas Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). Jurnal Produksi Tanama. Vol. 4 No. 6, September 2016: 468-477
- Adisarwanto, T. dan Wudianto, R. 1999. Meningkatkan Hasil Panen Kedelai di Lahan Sawah-Kering-Pasang Surut. Penebar Swadaya. Bogor.
- Aggarwal, S., Singk, G.R. and Yadav, B.R. 2009. Utilization of fly ash for crop production: effect on the growth of wheat and sorghum crops and soil properties. *Journal of Agricultural Physics* 9 : 20 -23.
- Agusni, dan Halus Satriawan. 2012. Perubahan Kualitas Tanah Ultisol Akibat Penambahan Berbagai Sumber Bahan Organik. Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi Universitas Almuslim Biruen, Aceh. 12(3):35
- Alibasyah, M. Rusli. 2016. Perubahan Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Ultisol Akibat Pemberian Pupuk Kompos dan Kapur Dolomit pada Lahan Berteras. *J. Floratek* 11 (1): 75-87
- Ariani, E. 2009. Uji Pupuk NPK Mutiara 16:16:16 dan berbagai jenis mulsa terhadap hasil tanaman cabai (*Capsicum annum* L.). *SAGU* 8 (1): 5-9.
- Arinong, Abd. Rahman. 2013. Fosfor tanah. Tersedia daring dengan pembaharuan di <http://www.stppgowa.ac.id/informasi/artikel-ilmiah/258-fosfor-tanah.htm>
- Aziz, M., Ardha, N. dan Tahli, L. 2006. Karakteristik abu terbang PLTU Suralaya dan evaluasinya untuk refraktori cor. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* 36 : 1-8.
- Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Pertanian Aceh. 2009. Budidaya Tanaman Jagung. <http://nad.litbang.pertanian.go.id/ind/images/dokumen/modul/27-Brosur%20Jagung1.pdf>. Diakses pada tanggal 13 Januari 2018
- Bariyanto, Nelvia dan Wardati. 2015. Pengaruh pemberian kompos tandan kosong kelapa sawit (TKKS) pada pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di main-nursery pada medium subsoil ultisol. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau* 2(1): 1-8.
- Barker, A.V., and D.J. Pilbeam. 2007. Hand Book of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group, London. New York.
- Brouwers, J., & van Eijk, R. J. 2003. Alkali concentrations of pore solution in hydrating OPC. *Cement and concrete research*, 33(2), 191-196. DOI: 10.1016/S0008-8846(02)01022-0
- Basu, M., Pande, M., Bhadoria, P.B.S. and Mahapatra, S.C. 2009. Potential fly-ash utilization in agriculture: A global review. *Progress in Natural Science* 19: 1173–1186.
- Budianta, D., Halim, A., Midranisiah, P.K.S. dan Bolan, N.S.. 2010. Palm oil compost reduce alumunium toxicity therebi increases phosphate fertilizer use efficiency in

- ultisols. World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World, Brisbane Australia.
- Darmosarkoro, W., dan Winarna, 2001. Penggunaan TKS dan Kompos TKS untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman
- Dwidjoseputro, D. 1994. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Elfiati, D. dan Siregar, B.M. 2010. Pemanfaatan kompos tandan kosong kelapa sawit sebagai campuran media tumbuh dan pemberian mikoriza pada bibit mindi (*Melia azedarach L.*). *Jurnal Hidrolitan* 1 (3) : 11 – 19.
- Ermadani, M. dan Muzar, A. 2011. Pengaruh aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap hasil kedelai dan perubahan sifat kimia tanah Ultisol. *Jurnal Agronomi Indonesia* 39 (3):160-167.
- Fahmi, Arifin., Syamsudin., Utami, Sri Nuryani H. dan Radjagukguk, Bostang. 2010. Pengaruh Interaksi Hara Nitrogen dan Fosfor Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea Mays L*) pada Tanah Regosol dan Latosol. *Berita Biologi* 10(3): 297-303.
- Fathimah, S., Idiawati, N., Adhitiyawarman dan Arianie, L. 2014. Penentuan kinetika hidrolis enzimatis dalam pembuatan bioetanol dari tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Kimia Katulistiwa* 3 (4) : 46 – 51.
- Fikri, Khairil. 2012. Pengaruh volume media dalam polybag terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit.
<https://media.neliti.com/media/publications/203560-pengaruh-volume-media-dalam-polybag-terh.pdf>. Diakses pada 15 Juli 2018.
- Hanafiah, A. L. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah.PT. Raja Grafindo Persada.Jakarta
- Handayanto, E., Cadisch, G. and Giller, K.E. 1994. N release from legume hedgerow tree prunings in relation to their quality and incubation method. *Plant and Soil* 160, 238-247
- Harjadi, S.S. 1993. Pengantar Agronomi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hasyim. H., 2002. Jagung. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan
- Hermawan, A., Sabaruddin, M., Hayati, R. dan Warsito. 2014. Perubahan jerapan P pada ultisol akibat pemberian campuran abu terbang batubara-kotoran ayam. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 11 (1) : 1 – 10.
- Herviyanti., Ahmad, F., Sofyani, R., Darmawan, Gusnidar dan Saidi, A. 2012. Pengaruh pemberian bahan humat dari ekstraksi batubara muda dan pupuk P terhadap sifat kimia ultisol serta produksi tanaman jagung. *Jurnal Solum* 9 (1) : 15 – 24.
- Hilman, Y., Rahim, A.B., Musa, M.H. and Hashim, A. 2007. Principal component

- analysis of factors determining phosphate rock dissolution on acid soils. *Indonesian Journal of Agriculture Science* 8 (1): 10-16.
- Ichriani, G.I., Atikah, T.A., Zubaidah, S. dan Fatmawati, R. 2012. Kompos tandan kosong kelapa sawit untuk perbaikan daya simpan air tanah kapasitas lapangan. *Jurnal Agroscientiae* 19 (3): 160-164
- Inthasan, J., Hirunburana, H., Herrmann, L. and Stahr, K. 2002. Effects of fly ash application on soil properties, nutrient and environment in Northern Thailand. Symposium No 24, 17th CCSS, Paper 249 : 1 – 6.
- Jala, S. 2005. Fly ash as an amendment agent for soil fertility. Department of Biotechnology & Environmental Sciences, Thapar Institute of Engineering & Technology (Deemed University) Punjab India.
- Jala, S. and Goyal, D. 2006. Fly ash as a soil ameliorant for improving crop production - a review. *Bioresource Technology* 97: 1136-1147.
- Kasifah, Syekhfani, Nuraini, Y. and Handayanto, E. 2014a. Effects of plant residue and compost extracts on phosphorus solubilization of rock phosphate and soil. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*. 8(5): 43-49.
- Kasifah, Syekhfani, Nuraini, Y. and Handayanto, E. 2014b. Effects of application of groundnut biomass compost on uptake of phosphorus by maize grown on an Ultisol of South Sulawesi. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 1(4): 159-164.
- Khalil, H.P.S. A., Hanida, S., Kang, C. W., Nik Fuaad, N. A., 2007. Agro-hybrid composite: The effects on mechanical and physical properties of oil palm fiber (EFB)/glass hybrid reinforced polyester composites. *J. Reinf. Plastics Composites*, 26(2), 203-218.
- Kurniawan, A.R., Adenan, D.D., Untung, S.R., Hadijah, N.R. dan Alimana, M. 2010. Laporan Penelitian Pemanfaatan Abu Terbang Batubara PLTU untuk Penimbunan pada Pra Reklamasi Tambang Batubara. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara, Badan Litbang Energi dan Sumber Daya Mineral
- Kaya E, Silahooy Ch, Risambessy Y. 2017. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair dan Mikroorganisme terhadap Keasaman dan P-Tersedia pada Tanah Ultisol. *Jurnal Mikologi Indonesia* 1(2), 91-99.
- Lambers H, Chapin III FS dan Pons TL. 2008. *Plant Physiological Ecology* Second Edition. New York: Springer Science and Business Media.
- Mahale, N.K., Patil, S.D., Sarode, D.B. and Attarde, S.B. 2012. Effect of fly ash as an admixture in agriculture and the studi of heavy metal accumulation in wheat (*Triticum aestivum*), Mung Bean (*Vigna radiata*), and Urad Beans (*Vigna Mungo*). *Polish Journal of Environmental Study* 221 (6) : 1713 – 1719.

- Marsi and Sabaruddin. 2011. Phosphate adsorption *capacity* and organic matter effect on dynamics of P availability in upland Ultisol and lowland Inceptisol. *J Trop Soils* 16(2): 107-114
- Minardi, S., Handayanto, E., Syekhfani. dan Suntoro. 2007. Penggunaan macam bahan organik dengan kandungan total asam humat dan fulvat berbeda dan pupuk P terhadap ketersediaan dan serapan P pada tanaman jagung. *Agrivita* 29: 131-142.
- Murni, Andarias Makka. 2008. Menentukan Kebutuhan Nitrogen, Fosfor dan Kalium untuk Tanaman Jagung Berdasarkan Target Hasil dan Efisiensi Agronomik pada Lahan Kering Ultisol Lampung. *Jurnal Tanah dan Lingkungan, Vol. 10 No. 2, Oktober 2008*:46-49
- Nariratih, I., M.M.B. Damanik, & G. Sitanggang. 2013. Ketersediaan Nitrogen pada Tiga Jenis Tanah Akibat Pemberian Tiga Bahan Organik dan Serapannya pada Tanaman Jagung. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(3): 479-488.
- Noviardi, R. 2012. Limbah batubara sebagai pembenah tanah dan sumber nutrisi; kasus tanaman bunga matahari. *Riset Geologi dan Pertambangan* 22 (2): 91-104
- Nurhanafi, Amal Wira., Indradewa, Didik., Rogomulyo, Rohlan. 2017. Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.) pada Pola Tanam Satu Lubang dengan Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Vegetalika*. 2017. 6(4): 1-13
- Nyambura, M.G., Muger, W.G., Felicia, P.L. and Gathura, N.P. 2011. Carbonation of brine impacted fractionated coal fly ash: implications for CO₂ sequestration. *Journal of Environmental Management* 92: 655-664.
- Ohta, S., Effendi, S., Tanaka, N. and Miura, S. 1993. Ultisols of lowland *dipterocarp* forest in East Kalimantan, Indonesia: III. Clay mineral, free oxides, and exchangeable cations. *Soil Science and Plant Nutrition* 39 (1): 1-12.
- Pandey, V.C. and Singh, N. 2010. *Agriculture, Ecosystem, and Environment* 136: 16-27.
- Prasetyo, B.H., Subardja, D., Dan Kaslan. 2005. Ultisols Bahan Volkan Andesitik : Diferensiasi Potensi Kesuburan dan Pengelolaannya. *Jurnal Tanah dan Iklim* NO. 23: 1-12.
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, potensi, dan teknologi pengelolaan tanah Ultisol untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 39-47
- Prasetyo, Teguh Budi., Yasin, Syafrimen., dan Yeni, Edri. 2010. Pengaruh Pemberian Abu Batubara Sebagai Sumber Silika (Si) Bagi Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *J. Solum Vol. VII No.1 Januari 2010*:1-6
- Prayitno, S., Indradewa, D. dan Sunarminto, B.H. 2008. Produktivitas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang dipupuk dengan tandan kosong dan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Ilmu Pertanian* 5 (1): 37-48.

- Priatmadi, Bambang Joko., Saidy, Akhmad Rizalli., dan Septiana, Meldia. 2014. Pengaruh Abu Batubara Terhadap Perbaikan Sifat Kimia Tanah di Kalimantan Selatan. *Buana Sains* Vol.14 No.2: 1-6
- Purwono dan R. Hartono. 2006. *Bertanam Jagung Unggul*. Penebar Sawadaya, Jakarta
- Rahayu, Muji., Samanhudi., dan Waluyo. 2012. Uji Adaptasi Beberapa Varietas Sorgum Manis di Lahan Kering Wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur. *Jurnal Caraka Tani*, Vol XXVII No. 1:53-62.
- Riwandi, Handajaningsih, Merakati., dan Hasanudin. 2014. Edisi Pertama. Teknik Budidaya Jagung dengan Sistem Organik di Lahan Marjinal. Unib Press. Bengkulu.
- Rubatzky, V. E. dan M. Yamaguchi 1998. Edisi Kedua. Sayuran Dunia I Prinsip Produksi dan Gizi. Terjemahan : Catur Herison. ITB, Bandung
- Rukmana, Rahmat. 2009. *Usaha Tani Jagung*. Kanisius. Yogyakarta.
- Satriyo, Taufik Adi., Widaryanto, Eko ., dan Guritno, Bambang. 2016. Pengaruh Posisi dan Waktu Defoliiasi Daun pada Pertumbuhan, Hasil dan Mutu Benih Jagung (*Zea mays* L.) Var. BISMA. *Jurnal Produksi Tanaman*, Volume 4, (4), hlm. 256 – 263.
- Shaheen, S.M., Hooda, P.S. and Tsadilas, C.D. 2014. Opportunities and challenges in the use of coal fly ash for soil improvements e A review. *Journal of Environmental Management* 145: 249-267
- Sharma, S.K. and Kalra, N. 2006. Effect of fly ash incorporation on soil properties and productivity of crops : A review. *Journal of Scientific and Industrial Research* 65 : 383 – 390.
- Shukla, K. N. & Mishra, L. C. Water Air Soil Pollut (1986) 27: 155. <https://doi.org/10.1007/BF00464778>
- Sidar. 2010. Artikel Ilmiah Pengaruh Kompos sampah Kota dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zeamays Saccharata* Sturt) Pada Fluventic Eutrupdepts asal Jatinangor kabupaten Sumedang
- Soil Survey Staff. 2014. Key Soils to Taxonomy. 12nd Edition. United State Departement of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
- Sudaryono. 2009. Tingkat kesuburan tanah ultisol pada lahan pertambangan batubara Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Lingkungan* 10 (3): 337-346.
- Sugiyanto, Sugiyono dan A. Wibawa. 2005. Status hara tanah di perkebunan kopi dan kakao di Jawa Timur (Periode 2000-2005). *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 21:120-124.
- Suprpto, H. S., Marzuki. 2002. *Bertanam Jagung*. Penebar Swadaya.
- Sutejo, M.M. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT. Rineka Cipta, Jakarta.

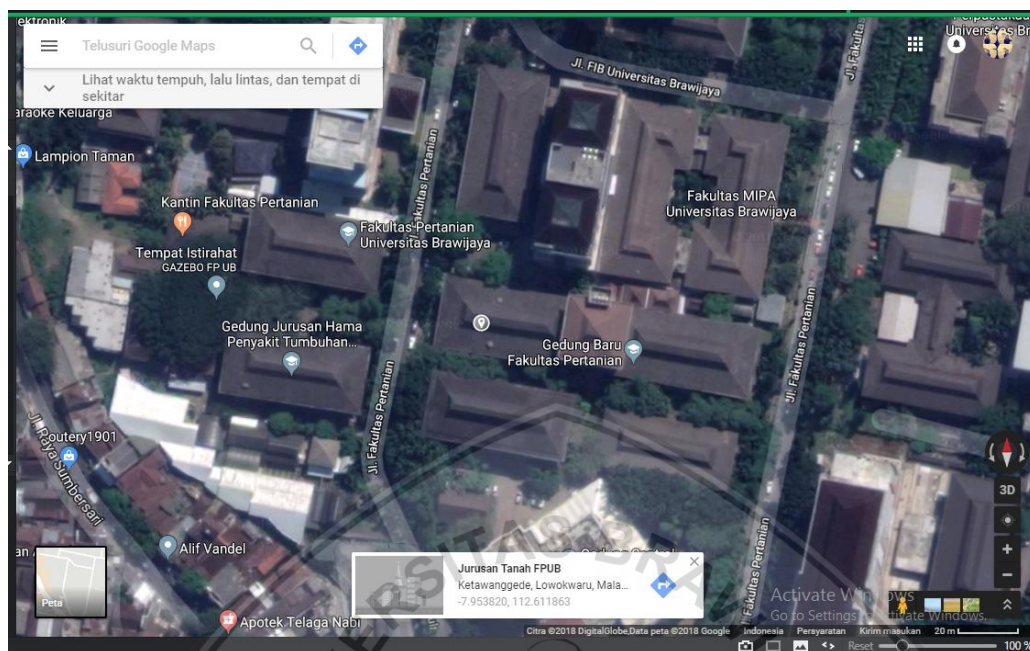
- Syafitri, T.Y., Hayati, R. dan Umran, I. 2013. Pengaruh penggunaan abu terbang batubara dan beberapa jenis sawi terhadap kadar logam cadmium (Cd) dan produksi sawi di tanah gambut. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian* 2 (1): 25-30
- Syekhfani. 2012. Modul Kesuburan Tanah.
<http://syekhfanisdmd.lecture.ub.ac.id/files/2013/10/2.-MODUL-KESTAN.-2012.pdf>. Diakses Pada Tanggal 10 Januari 2018
- Udoetok, I.A. 2012. Characterization of ash made from oil palm empty fruit bunch. *International Journal of Enviromental Sciences* 3 (1): 518 – 524.
- Wahyudi, I., Handayanto, E., Syekhfani dan Utomo, W.H. 2010. Pengaruh pemberian kompos Gliricidia dan Tithonia terhadap konsentrasi aluminium pada ultisol dan serapan fosfor oleh tanaman jagung. *Agrivita* 31:56-163.
- Wahyudin, A., Fitriatin, B.N., Wicaksono, F.Y., Ruminta., Rahadiyan, A. 2017. Respons tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat pemberian pupuk fosfat dan waktu aplikasi pupuk hayati mikroba pelarut fosfat pada Ultisols Jatinangor. *Jurnal Kultivasi* Vol. 16(1) Maret 2017. P: 246-254.
- Wardhani, E., Sutisna, M. dan Dewi, A.H. 2012. Evaluasi Pemanfaatan Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara Sebagai Campuran Media Tanam pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*). *Jurnal Itenas Rekayasa* 16 (1): 1-12 .
- Warisno. 2009. Seri Budidaya: Jagung Hibrida. Kanisius. Yogyakarta. Diakses online: <http://kin.perpusnas.go.id/DisplayData.aspx?pId=24158&pRegionCode=TRUNOJOYO&pClientId=639> pada tanggal 11 Januari 2018.
- Winarso, S., Handayanto, E, Syekhfani, and Sulistyanto, D. 2009. Pengaruh senyawa humik terhadap aktivitas aluminium dan fosfat *Typic Paleudult* Kentrong Banten. *Agrivita* 31(3):214-222.
- Yulisma. 2011. Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Jagung pada Berbagai Jarak Tanam. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* VOL. 30 NO. 3: 196-203.
- Yulnafatmawita., Detafiano, D., Afner, P. and Adrinal. 2014. Dynamics of physical properties of Ultisol under corn cultivation in wet tropical area. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology* 4 (5): 11-15.
- Yunindanova, M.B., Agusta, H., dan Dwi Asmono, D. 2013. Pengaruh tingkat kematangan kompos tandan kosong sawit dan mulsa limbah padat kelapa sawit terhadap produksi tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Pada tanah Ultisol. *Sains Tanah – Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 10 (2) 2013: 91-100.

LAMPIRAN

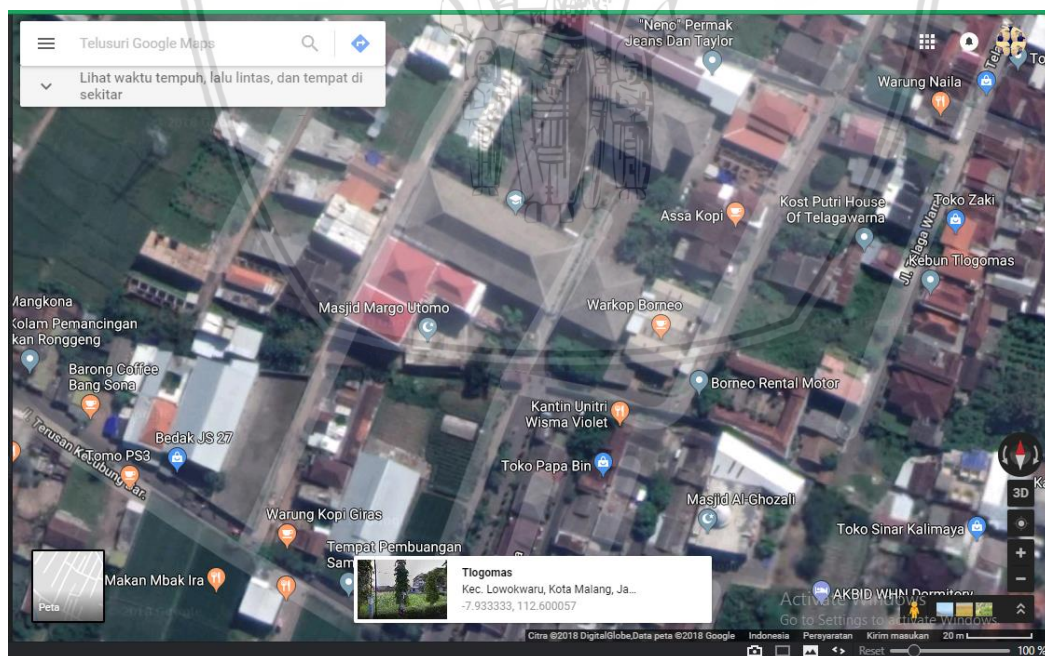


Lampiran 1. Lokasi penelitian

a. Lokasi Percobaan Inkubasi



b. Lokasi Percobaan Penanaman Tanaman Jagung



Lampiran 2. Rancangan Percobaan Inkubasi Tanah

A40 K40 U3	A20 K20 U2	A10 K20 U1
A10 K20 U3	A20 K40 U1	A10 K40 U1
A10 K40 U1	A0 K0 U3	A40 K20 U3
A40 K20 U1	A20 K40 U2	A10 K20 U2
A20 K20 U3	A40 K40 U2	A 10 K40 U3
A0 K0 U2	A20 K40 U3	A40 K40 U1
A0 K0 U1	A20 K40 U2	A20 K20 U1



Utara

Keterangan:

- A0 K0 : Tanpa penambahan ATB dan KTKKS
 A10 K20 : Penambahan dosis ATB 10 ton/ha dan KTKKS 20 ton/ha
 A10 K40 : Penambahan dosis ATB 10 ton/ha dan KTKKS 40 ton/ha
 A20 K20 : Penambahan dosis ATB 20 ton/ha dan KTKKS 20 ton/ha
 A20 K40 : Penambahan dosis ATB 20 ton/ha dan KTKKS 40 ton/ha
 A40 K20 : Penambahan dosis ATB 40 ton/ha dan KTKKS 20 ton/ha
 A40 K40 : Penambahan dosis ATB 40 ton/ha dan KTKKS 40 ton/ha
 U1 : Ulangan 1
 U2 : Ulangan 2
 U3 : Ulangan 3

Lampiran 3. Rancangan Percobaan di Rumah Kaca

A0 K0 U3	A10 K40 U2	A10 K40 U1
A40 K20 U2	A10 K20 U2	A20 K20 U1
A0 K0 U2	A20 K2 U3	A0 K0 U1
A20 K20 U2	A20 K40 U2	A40 K40 U3
A40 K40 U1	A40 K20 U3	A20 K40 U3
A10 K40 U3	A20 K40 U1	A40 K20 U1
A10 K20 U1	A40 K40 U2	A10 K20 U3



Utara

Keterangan:

- A0 K0 : Tanpa penambahan ATB dan KTKKS
 A10 K20 : Penambahan dosis ATB 10 ton/ha dan KTKKS 20 ton/ha
 A10 K40 : Penambahan dosis ATB 10 ton/ha dan KTKKS 40 ton/ha
 A20 K20 : Penambahan dosis ATB 20 ton/ha dan KTKKS 20 ton/ha
 A20 K40 : Penambahan dosis ATB 20 ton/ha dan KTKKS 40 ton/ha
 A40 K20 : Penambahan dosis ATB 40 ton/ha dan KTKKS 20 ton/ha
 A40 K40 : Penambahan dosis ATB 40 ton/ha dan KTKKS 40 ton/ha
 U1 : Ulangan 1
 U2 : Ulangan 2
 U3 : Ulangan 3

Lampiran 4. Perhitungan dosis pupuk dasar dan pupuk perlakuan

Diketahui:

Kedalaman olah tanah = 20 cm

Berat jenis tanah = $1,1 \text{ g cm}^{-3}$ Kebutuhan dosis pupuk = $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ KCl}$, ATB (dosis 10 ton ha^{-1} , 20 ton ha^{-1} , 40 ton ha^{-1}), KTKKS (dosis 20 ton ha^{-1} , 40 ton ha^{-1}).

a. Perhitungan volume tanah 1 ha

Volume = Luas Lahan x Kedalaman Olah Tanah

$$= 1 \text{ ha} \times 20 \text{ cm}$$

$$= 100.000.000 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm}$$

$$= 2.000.000.000 \text{ cm}^3$$

$$= 2.000 \text{ m}^3$$

b. Perhitungan berat tanah olah

Berat Tanah Olah = Volume x Berat Jenis Tanah

$$= 2.000 \text{ m}^3 \times 1,1 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 2.000.000.000 \text{ cm}^3 \times 1,1 \text{ g cm}^{-3}$$

$$= 2.200.000.000 \text{ g}$$

$$= 2.200.000 \text{ Kg}$$

c. Dosis Pupuk Dasar

Unsur N dalam Pupuk Urea

“Urea mengandung 46%N, artinya, 100 Kg Urea mengandung 46 Kg N”

-Dosis perlakuan = 100 Kg ha^{-1} -

$\left(\frac{\text{berat}}{\text{atom}}\right) \times \text{dosis pupuk rekomendasi}$

$$= \frac{100}{46} \times 100 \text{ Kg ha}^{-1}$$

$$= 217,391 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ N}$$

-Dosis pupuk per pot-

$\left(\frac{\text{berat tanah}}{\text{berat tanah olah}}\right) \times \text{Dosis Pupuk}$

$$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 217.931 \text{ Kg}$$

$$= 0,0009881 \text{ Kg/ pot}$$

$$= 0,9881 \text{ g/ pot}$$

Unsur K dalam Pupuk KCl

“KCl mengandung 60%K, artinya, 100 Kg KCl mengandung 60 Kg K”

-Dosis perlakuan = 50 Kg ha^{-1} -

$\left(\frac{\text{berat}}{\text{atom}}\right) \times \text{dosis pupuk rekomendasi}$

$$= \frac{100}{60} \times 50 \text{ Kg ha}^{-1}$$

$$= 83,3 \text{ Kg ha}^{-1} \text{ N}$$

-Dosis pupuk per pot-

$\left(\frac{\text{berat tanah}}{\text{berat tanah olah}}\right) \times \text{Dosis Pupuk}$

$$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 83,3 \text{ Kg}$$

$$= 0,000378 \text{ Kg/ pot}$$

$$= 0,378 \text{ g/ pot}$$

Kebutuhan Untuk 6 perlakuan	Kebutuhan Untuk 6 perlakuan
=0,9881 g x 6	=0,378 g x 6
=5,9286 g	=2,268 g
Kebutuhan untuk 3 Ulangan	Kebutuhan Untuk 3 Ulangan
=5,9286 g x 3	=2,268 g x 3
=17,7858 g	=6,804

d. Perhitungan Dosis Abu Terbang Batubara (ATB)

$\left(\frac{\text{berat tanah}}{\text{berat tanah olah}} \right) \times \text{Dosis Pupuk}$		
Dosis 10 ton ha ⁻¹	Dosis 20 ton ha ⁻¹	Dosis 40 ton ha ⁻¹
$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 10.000 \text{ Kg}$	$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 20.000 \text{ Kg}$	$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 40.000 \text{ Kg}$
=0,0476 Kg/pot	=0,0909 Kg/pot	=0,1811 Kg/po
=47,6 g/pot	=90,9 g/pot	=181,8 g/pot
Kebutuhan Untuk 2 perlakuan	Kebutuhan Untuk 2 perlakuan	Kebutuhan Untuk 2 perlakuan
=47,6 g x 2	=90,9 g x 2	=181,8 g x 2
=95,2 g	=181,8 g	=363,6 g
Kebutuhan untuk 3 Ulangan	Kebutuhan Untuk 3 Ulangan	Kebutuhan untuk 3 Ulangan
=95,2 g x 3	= 181,8 x 3	=363,6 g x 3
= 285,6 g	=454,4 g	=1.090,8 g

e. Perhitungan dosis Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit (KTKKS)

$\left(\frac{\text{berat tanah}}{\text{berat tanah olah}} \right) \times \text{Dosis Pupuk}$	
Dosis 20 ton ha ⁻¹	Dosis 40 ton ha ⁻¹
$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 20.000 \text{ Kg}$	$= \frac{10 \text{ Kg}}{2.200.000 \text{ Kg}} \times 40.000 \text{ Kg}$
=0,0909 Kg	=0,1818 Kg/po
=90,9 g/pot	=181,8 g/pot
Kebutuhan Untuk 3 perlakuan	Kebutuhan Untuk 3 perlakuan
= 90,9 g x 3	=181,8 g x 3
= 272,7	=545,4 g
Kebutuhan untuk 3 Ulangan	Kebutuhan Untuk 3 Ulangan
=272,7 g x 3	=545,4 g x 3
=818,1 g	=1.636,2 g

Lampiran 5. Analisis Ragam

Lampiran 5a. Analisis Ragam C-Organik 42 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.10343	0.01724	0.25211	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	0.95724	0.06837				
Total	19	1.06067					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5b. Analisis Ragam pH Tanah 3 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.47259	0.07877	2.87237	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	0.38391	0.02742				
Total	19	0.8565					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5c. Analisis Ragam pH Tanah 7 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.6962	0.11603	5.03386	3.05557	4.89321	*
Galat	15	0.32271	0.02305				
Total	19	1.0189					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5d. Analisis Ragam pH Tanah 21 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.7144	0.11907	3.91949	3.05557	4.89321	*
Galat	15	0.42529	0.03038				
Total	19	1.13969					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5e. Analisis Ragam pH Tanah 42 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.13837	0.02306	0.00022	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1462.53	104.466				
Total	19	1462.67					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5f. Analisis Ragam P-Tersedia 3 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	51.9268	8.65447	1.42715	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	84.8984	6.06417				
Total	19	136.825					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5g. Analisis Ragam P Tersedia 7 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	42.3894	7.0649	0.72746	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	135.965	9.71179				
Total	19	178.355					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5h. Analisis Ragam P tersedia 21 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	240.105	40.0175	7.47547	3.05557	4.89321	*
Galat	15	74.9444	5.35317				
Total	19	315.049					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5i. Analisis Ragam P Tersedia 42 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	268.127	44.6879	15.9275	3.05557	4.89321	*
Galat	15	39.2799	2.80571				
Total	19	307.407					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5j. Analisis Sidik ragam P Total Tanah 42 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	644006.41	107334.4	3.6407582	3.05557	4.89321	*
Galat	15	412738.64	29481.332				
Total	19	1056745.1					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5k. Analisis Ragam Al_{dd} 42 HSI

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	25.3272	4.2212	45.8261	3.05557	4.89321	*
Galat	15	1.28959	0.09211				
Total	19	26.6168					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5l. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 1 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	83.3429	13.8905	1.25457	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	155.007	11.0719				
Total	19	238.35					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5m. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 2 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	86.7095	14.4516	1.72228	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	117.473	8.39095				
Total	19	204.183					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5n. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 3 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	226.623	37.7705	0.37931	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1394.06	99.5757				
Total	19	1620.68					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5o. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 4 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	750.825	125.137	1.22164	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1434.07	102.434				
Total	19	2184.9					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5p. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 5 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	393.132	65.5221	0.47096	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1947.76	139.126				
Total	19	2340.89					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5q. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 6 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	402.216	67.036	0.7198	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1303.83	93.131				
Total	19	1706.05					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5r. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 7 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	1007.37	167.894	1.56331	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1503.55	107.397				
Total	19	2510.92					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5s. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 8 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	922.571	153.762	0.97553	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	2206.67	157.619				
Total	19	3129.24					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5t. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 9 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	536.339	89.3898	0.70725	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1769.47	126.391				
Total	19	2305.81					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5u. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 10 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	896.978	149.496	0.68168	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	3070.26	219.304				
Total	19	3967.24					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5v. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 11 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	570.7	95.1167	0.73341	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1815.67	129.69				
Total	19	2386.37					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5w. Analisis Ragam Tinggi Tanaman 12 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	773.96	128.993	1.66506	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1084.59	77.4705				
Total	19	1858.55					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5x. Analisis Ragam Luas Daun 12 MST

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	28026.2	4671.04	0.68817	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	95026.4	6787.6				
Total	19	1E+05					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5y. Analisis Ragam Berat Brangkasan Basah Tajuk

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	12513.5	2085.6	0.39159	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	74562.6	5325.9				
Total	19	87076.2					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5z. Analisis Ragam Berat Brangkasan Kering Tajuk

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	181.833	30.3056	0.71932	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	589.833	42.131				
Total	19	771.667					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5aa. Analisis Ragam Berat Brangkasan Basah Akar

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.5454	0.090	2.366	3.055	4.893	
Galat	15	0.5378	0.038				
Total	19	1.0832					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5ab. Analisis Ragam Berat Brangkasan Kering Akar

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	0.54062	0.0901	1.15027	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	1.09665	0.07833				
Total	19	1.63727					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5ac. Analisis Ragam Berat Tongkol Berkelobot

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	6028.33	1004.72	0.39799	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	35342.9	2524.49				
Total	19	41371.3					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 5ad. Analisis Ragam Berat Tongkol Tanpa Kelobot

SK	DB	JK	KT	F.HIT	F. Tab 0.05	F. Tab 0.01	Ket
Perlakuan	4	7291.06	1215.18	1.54251	3.05557	4.89321	tn
Galat	15	11029.1	787.792				
Total	19	18320.1					

Keterangan : tn = tidak nyata, * = nyata

Lampiran 6. Dokumentasi Kegiatan

Penelitian Tahap 1: Kombinasi Aplikasi Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap ketersediaan Fosfor pada Tanah Ultisol

Pengambilan sampel ATB dan KTKKS



Tumpukan abu terbang batubara di PT. Cahaya Fajar Kaltim



Perkebunan kelapa sawit PT. Surya Inti Sawit Kahuripan



Kegiatan pengukuran kapasitas lapang



Berat basah



berat kering oven

Inkubasi sampel tanah



Inkubasi pada laboratorim biologi tanah FP UB

Pengukuran kadar air inkubasi



Penimbangan kadar air sampel tanah

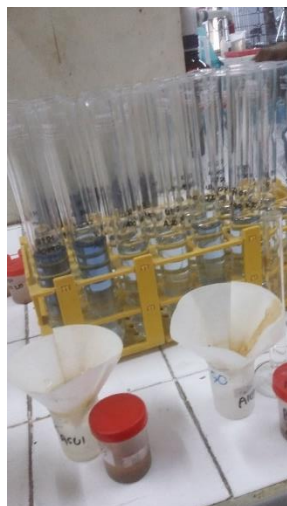
Kegiatan pengukuran P-Tersedia



1. Pengocokan sampel tanah



2. Penyaringan dengan kertas *whatman*



Memasukan larutan ke dalam tabung reaksi



Penambahan adsorban



Sampel P tersedia yang telah diberi reagen



Pengukuran bacaan sampel P

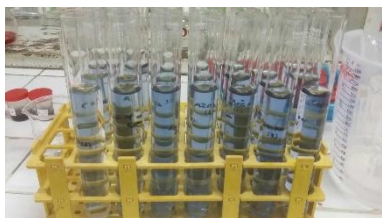
Kegiatan pengukuran P total



Menuang HCl ke dalam sampel



Penyaringan menggunakan kertas *whatman*



Hasil penyaringan yang telah diberi reagen

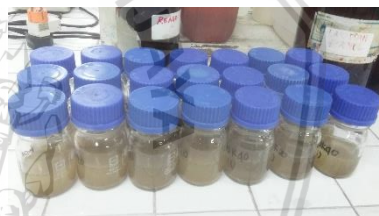


Pengamatan P Total

Kegiatan pengukuran Al-dd



Penambahan ekstrak KCl 50ml



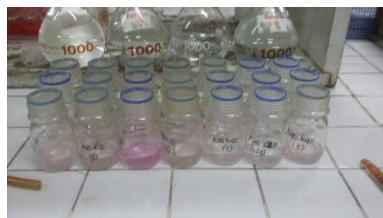
Tabung Ditutup



Tabung dikocok 30 menit



Titrasi dengan NaOH sapai berwarna merah muda



Hasil titrasi dengan NaOH



Titrasi dengan HCl



Hasil titrasi dengan HCl

Kegiatan pengukuran C-Organik



Sampel sebelum di titrasi



Sampel yang sudah di titrasi

Kegiatan pengukuran pH



Pengocokan sampel tanah



Sampel tanah didiamkan 1x24 jam



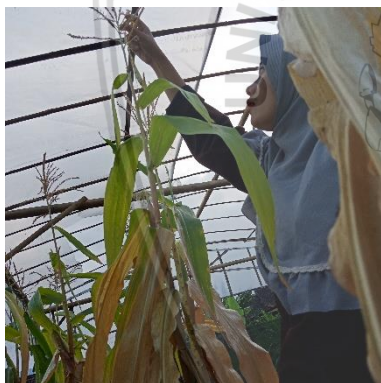
Pengamatan dengan menggunakan
pH meter (pH H₂O)



Hasil dicatat dan dilakukan dokumentasi

Penelitian tahap 2: Peranan Abu Terbang Batubara dan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit pertumbuhan dan hasil tanaman jagung pada Ultisol

Kegiatan Selama Penelitian



Pengukuran tinggi tanaman



penyiraman



Pengendalian gulma

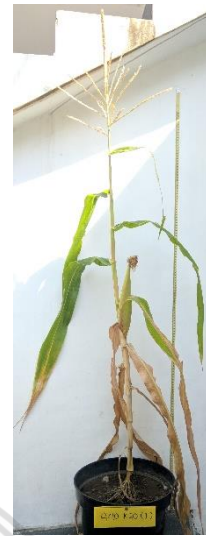


Pengukuran luas daun



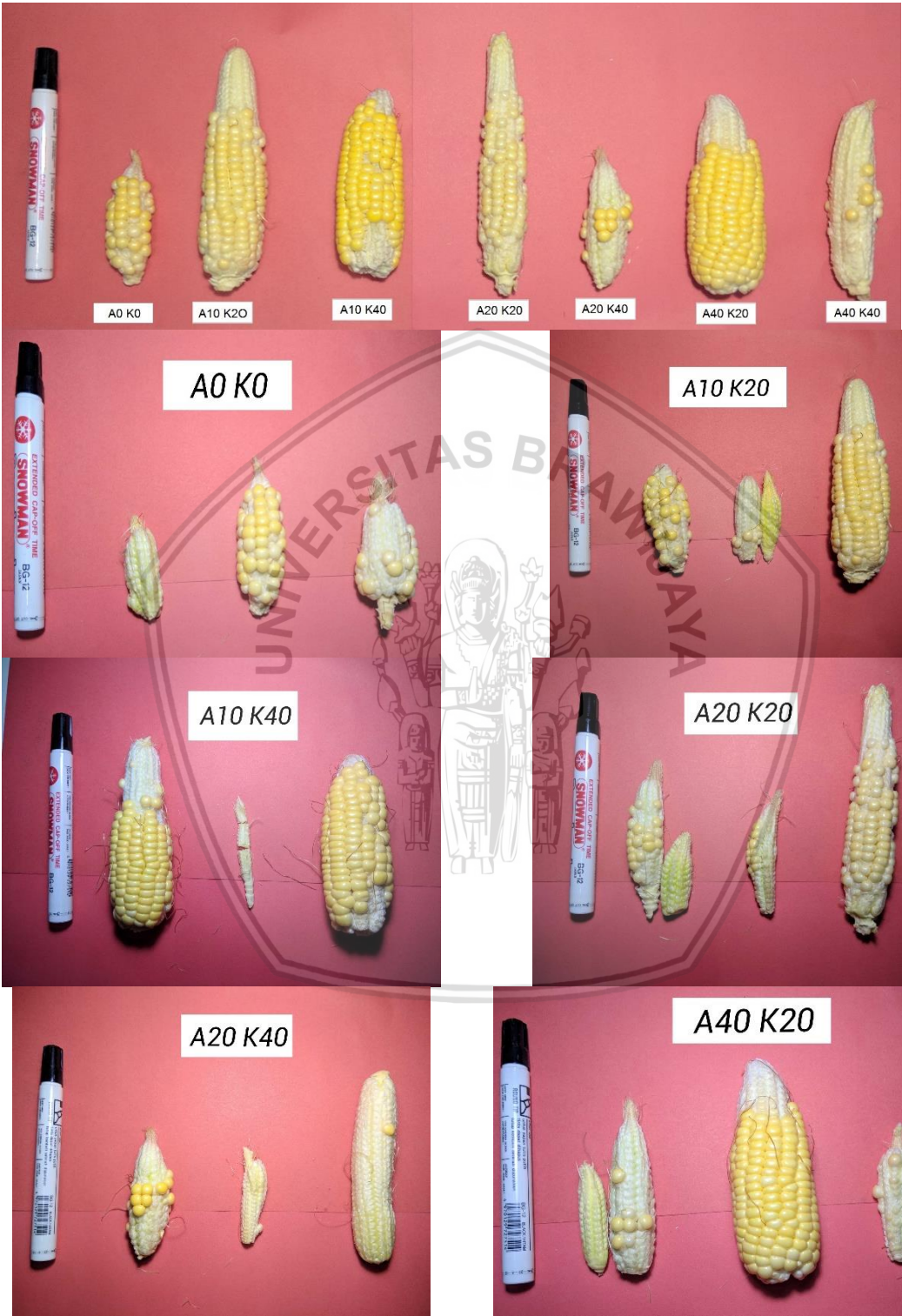
Panen

Visualisasi Tanaman Jagung Sebelum Panen





Visualisasi Tongkol Jagung





Lampiran 7. Deskripsi jagung manis varietas Talenta

DESKRIPSI JAGUNG MANIS VARIETAS TALENTA

Asal	: PT. Agri Makmur Pertiwi
Silsilah	: Suw2/SF1:2-1-2-1-5-3-2-1-1-bk x Pcf5/HB6:4-4-1-1-2-3-3-2-1-bk
Golongan Varietas	: Hibrida silang tunggal
Bentuk tanaman	: Tegak
Tinggi tanaman	: 157,7 – 264,0 cm
Kekuatan perakaran	: Kuat
Ketahanan terhadap kerebahan	: Tahan
Bentuk penampang batang	: Bulat
Diameter batang	: 2,9 – 3,2 cm
Warna batang	: Hijau
Bentuk daun	: Bangun pita
Ukuran daun	: panjang 75,0 – 89,4 cm, lebar 7,0 – 9,7 cm
Warna daun	: Hijau
Tepi daun	: Rata
Bentuk ujung daun	: Runcing
Permukaan daun	: Agak kasar
Bentuk malai (tassel)	: Terbuka dan bengkok
Warna malai (anther)	: Kuning
Umur panen	: 65-75 hari setelah tanam
Bentuk tongkol	: Kerucut
Ukuran tongkol	: panjang 19,7 – 23,5 cm, diameter 4,5 – 5,4 cm
Warna rambut	: Kuning
Berat per tongkol	: 221,2 – 336,7 g
Jumlah tongkol per tanaman	: 1 tongkol
Baris biji	: Lurus
Jumlah baris biji	: 12 – 16 baris
Warna biji	: Kuning
Tekstur biji	: Lembut
Rasa biji	: Manis
Kadar gula	: 12,1 – 13,6 obrix
Berat 1.000 biji	: 150 – 152 g
Daya simpan tongkol pada suhu kamar (23 – 27 °C)	: 3 – 4 hari setelah panen
Hasil tongkol	: 13,0 – 18,4 ton/ha
Populasi per hektar	: 51.700 tanaman
Kebutuhan benih per hektar	: 10,7 – 11,0 kg
Keterangan	: B/eradaptasi dengan baik di dataran rendah sampai medium dengan altitude 150 – 650 m dpl
Pengusul	: PT. Agri Makmur Pertiwi
Peneliti	: Andre Christantius, Moedjiono, Ahmad Muhtarom Novia Sriwahyuningsih (PT. Agri Makmur Pertiwi), Kuswanto (Unibraw)

